

DOCKET NO.: 204709US2PCT

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

IN RE APPLICATION OF: NISHI Yasukazu

SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION

FILED: HERewith

INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP00/04834

INTERNATIONAL FILING DATE: July 19, 2000

FOR: CALCULATION METHOD FOR PHYSICAL BODY DEFORMATION UNDER LOAD  
PROPAGATION

**REQUEST FOR CONSIDERATION OF DOCUMENTS**  
**CITED IN INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Assistant Commissioner for Patents

Washington, D.C. 20231

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that applicant(s) request that the Examiner consider the documents cited in the International Search Report according to MPEP §609 and so indicate by a statement in the first Office Action that the information has been considered. When the Form PCT/DO/EO/903 indicates both the search report and copies of the documents are present in the national stage file, there is no requirement for the applicant(s) to submit them (1156 O.G. 91 November 23, 1993).

Respectfully submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak  
Attorney of Record  
Registration No. 24,913  
Surinder Sachar  
Registration No. 34,423



22850

(703) 413-3000  
Fax No. (703) 413-2220  
(OSMMN 1/97)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

特許協力条約に基づく国際願

願 書

出願人は、この国際出願が特許協力条約に従って処理されることを請求する。

国際出願番号	受理官庁記入欄
国際出願日	PCT 19.7.00 受領印
(受付印)	
出願人又は代理人の書類記号 (希望する場合、最大12字)	NUB-01-PCT

第 I 欄 発明の名称

物体の荷重伝達変位を表示する方法

第 II 欄 出願人

氏名 (名称) 及びあて名: (姓・名の順に記載; 法人は公式の完全な名称を記載; あて名は郵便番号及び国名も記載)

学校法人 日本大学  
NIHON UNIVERSITY

〒102-0074 日本国東京都千代田区九段南四丁目8番24号  
8-24, Kudanminami 4-chome,  
Chiyoda-ku, Tokyo 102-0074 Japan

☐ この欄に記載した者は、  
発明者でもある。

電話番号:  
03-5275-8139

ファクシミリ番号:  
03-5275-8328

加入電信番号:

国籍 (国名): 日本国 JAPAN

住所 (国名): 日本国 JAPAN

この欄に記載した者は、次の  
指定国についての出願人である: ☐ すべての指定国 ☒ 米国を除くすべての指定国 ☐ 米国のみ ☐ 追記欄に記載した指定国

第 III 欄 その他の出願人又は発明者

氏名 (名称) 及びあて名: (姓・名の順に記載; 法人は公式の完全な名称を記載; あて名は郵便番号及び国名も記載)

西 恭一 NISHI Yasukazu

〒135-0061 日本国東京都江東区豊洲5丁目6番10号の1202  
6-10-1202, Toyosu 5-chome,  
Koto-ku, Tokyo 135-0061 Japan

この欄に記載した者は  
次に該当する:

☐ 出願人のみである。

☒ 出願人及び発明者である。

☐ 発明者のみである。  
(ここにレ印を付したとき  
は、以下に記入しないこと)

国籍 (国名): 日本国 JAPAN

住所 (国名): 日本国 JAPAN

この欄に記載した者は、次の  
指定国についての出願人である: ☐ すべての指定国 ☐ 米国を除くすべての指定国 ☒ 米国のみ ☐ 追記欄に記載した指定国

☐ その他の出願人又は発明者が続葉に記載されている。

第 IV 欄 代理人又は共通の代表者、通知のあて名

次に記載された者は、国際機関において出願人のために行動する:

☒ 代理人

☐ 共通の代表者

氏名 (名称) 及びあて名: (姓・名の順に記載; 法人は公式の完全な名称を記載; あて名は郵便番号及び国名も記載)

9004 弁理士 大 滝 均 OTAKI Hitoshi

〒110-0005 日本国東京都台東区上野三丁目7番7号青邦ビル4階  
Seiho Bldg. 4F, 7-7, Ueno 3-chome,  
Taito-ku, Tokyo 110-0005 Japan

電話番号:  
03-5688-6510

ファクシミリ番号:  
03-5688-6516

加入電信番号:

☐ 通知のためのあて名: 代理人又は共通の代表者が選任されておらず、上記枠内に特に通知が送付されるあて名を記載している場合は、レ印を付す。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## 第Ⅴ 附則 国の特許条約

規則 4. 9 (a) の規定に基づき次の指定を行う (横線にレ印を付すこと： 少なくとも1つの□にレ印を付すこと)。

## 広域特許条約

- ☐ **AP** **ARIPO** 特許条約： **GH** ガーナ Ghana, **GM** ガンビア Gambia, **KE** ケニア Kenya, **LS** レソト Lesotho, **MW** マラウイ Malawi, **SD** スーダン Sudan, **SL** シエラ・レオネ Sierra Leone, **SZ** スワジランド Swaziland, **TZ** タンザニア United Republic of Tanzania, **UG** ウガンダ Uganda, **ZW** ジンバブエ Zimbabwe, 及びハラレプロトコルと特許協力条約の締結国である他の国
- ☐ **EA** **ユーラシア** 特許条約： **AM** アルメニア Armenia, **AZ** アゼルバイジャン Azerbaijan, **BY** ベラルーシ Belarus, **KG** キルギス Kyrgyzstan, **KZ** カザフスタン Kazakhstan, **MD** モルドヴァ Republic of Moldova, **RU** ロシア Russian Federation, **TJ** タジキスタン Tajikistan, **TM** トルクメニスタン Turkmenistan, 及びユーラシア特許条約と特許協力条約の締結国である他の国
- ☐ **EP** **ヨーロッパ** 特許条約： **AT** オーストリア Austria, **BE** ベルギー Belgium, **CH** and **LI** スイス及びリヒテンシュタイン Switzerland and Liechtenstein, **CY** キプロス Cyprus, **DE** ドイツ Germany, **DK** デンマーク Denmark, **ES** スペイン Spain, **FI** フィンランド Finland, **FR** フランス France, **GB** 英国 United Kingdom, **GR** ギリシャ Greece, **IE** アイルランド Ireland, **IT** イタリア Italy, **LU** ルクセンブルグ Luxembourg, **MC** モナコ Monaco, **NL** オランダ Netherlands, **PT** ポルトガル Portugal, **SE** スウェーデン Sweden, 及びヨーロッパ特許条約と特許協力条約の締結国である他の国
- ☐ **OA** **OAPI** 特許条約： **BF** ブルキナ・ファソ Burkina Faso, **BJ** ベナン Benin, **CF** 中央アフリカ Central African Republic, **CG** コンゴ Congo, **CI** コートジボアール Côte d'Ivoire, **CM** カメルーン Cameroon, **GA** ガボン Gabon, **GN** ギニア Guinea, **GW** ギニア・ビサウ Guinea-Bissau, **ML** マリ Mali, **MR** モーリタニア Mauritania, **NE** ニジェール Niger, **SN** セネガル Senegal, **TD** チャード Chad, **TG** トーゴ Togo, 及びアフリカ知的財産権機構のメンバー国と特許協力条約の締結国である他の国 (他の種類の保護又は取扱いを求める場合には点線の上に記載する)

## 国内特許条約 (他の種類の保護又は取扱いを求める場合には点線の上に記載する)

- |                                                                                                  |                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> <b>AE</b> アラブ首長国連邦 United Arab Emirates                                 | <input type="checkbox"/> <b>LR</b> リベリア Liberia                                                |
| <input type="checkbox"/> <b>AL</b> アルバニア Albania                                                 | <input type="checkbox"/> <b>LS</b> レソト Lesotho                                                 |
| <input type="checkbox"/> <b>AM</b> アルメニア Armenia                                                 | <input type="checkbox"/> <b>LT</b> リトアニア Lithuania                                             |
| <input type="checkbox"/> <b>AT</b> オーストリア Austria                                                | <input type="checkbox"/> <b>LU</b> ルクセンブルグ Luxembourg                                          |
| <input type="checkbox"/> <b>AU</b> オーストラリア Australia                                             | <input type="checkbox"/> <b>LV</b> ラトヴィア Latvia                                                |
| <input type="checkbox"/> <b>AZ</b> アゼルバイジャン Azerbaijan                                           | <input type="checkbox"/> <b>MA</b> モロッコ Morocco                                                |
| <input type="checkbox"/> <b>BA</b> ボスニア・ヘルツェゴヴィナ Bosnia and Herzegovina                          | <input type="checkbox"/> <b>MD</b> モルドヴァ Republic of Moldova                                   |
|                                                                                                  | <input type="checkbox"/> <b>MG</b> マダガスカル Madagascar                                           |
| <input type="checkbox"/> <b>BB</b> バルバドス Barbados                                                | <input type="checkbox"/> <b>MK</b> マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国 The former Yugoslav Republic of Macedonia |
| <input type="checkbox"/> <b>BG</b> ブルガリア Bulgaria                                                | <input type="checkbox"/> <b>MN</b> モンゴル Mongolia                                               |
| <input type="checkbox"/> <b>BR</b> ブラジル Brazil                                                   | <input type="checkbox"/> <b>MW</b> マラウイ Malawi                                                 |
| <input type="checkbox"/> <b>BY</b> ベラルーシ Belarus                                                 | <input type="checkbox"/> <b>MX</b> メキシコ Mexico                                                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>CA</b> カナダ Canada                                         | <input type="checkbox"/> <b>NO</b> ノルウェー Norway                                                |
| <input type="checkbox"/> <b>CH</b> and <b>LI</b> スイス及びリヒテンシュタイン<br>Switzerland and Liechtenstein | <input type="checkbox"/> <b>NZ</b> ニュー・ジールランド New Zealand                                      |
| <input type="checkbox"/> <b>CN</b> 中国 China                                                      | <input type="checkbox"/> <b>PL</b> ポーランド Poland                                                |
| <input type="checkbox"/> <b>CR</b> コスタリカ Costa Rica                                              | <input type="checkbox"/> <b>PT</b> ポルトガル Portugal                                              |
| <input type="checkbox"/> <b>CU</b> キューバ Cuba                                                     | <input type="checkbox"/> <b>RO</b> ルーマニア Romania                                               |
| <input type="checkbox"/> <b>CZ</b> チェッコ Czech Republic                                           | <input type="checkbox"/> <b>RU</b> ロシア Russian Federation                                      |
| <input type="checkbox"/> <b>DE</b> ドイツ Germany                                                   | <input type="checkbox"/> <b>SD</b> スーダン Sudan                                                  |
| <input type="checkbox"/> <b>DK</b> デンマーク Denmark                                                 | <input type="checkbox"/> <b>SE</b> スウェーデン Sweden                                               |
| <input type="checkbox"/> <b>DM</b> ドミニカ Dominica                                                 | <input type="checkbox"/> <b>SG</b> シンガポール Singapore                                            |
| <input type="checkbox"/> <b>EE</b> エストニア Estonia                                                 | <input type="checkbox"/> <b>SI</b> スロヴェニア Slovenia                                             |
| <input type="checkbox"/> <b>ES</b> スペイン Spain                                                    | <input type="checkbox"/> <b>SK</b> スロヴァキア Slovakia                                             |
| <input type="checkbox"/> <b>FI</b> フィンランド Finland                                                | <input type="checkbox"/> <b>SL</b> シエラ・レオネ Sierra Leone                                        |
| <input type="checkbox"/> <b>GB</b> 英国 United Kingdom                                             | <input type="checkbox"/> <b>TJ</b> タジキスタン Tajikistan                                           |
| <input type="checkbox"/> <b>GD</b> グレナダ Grenada                                                  | <input type="checkbox"/> <b>TM</b> トルクメニスタン Turkmenistan                                       |
| <input type="checkbox"/> <b>GE</b> グルジア Georgia                                                  | <input type="checkbox"/> <b>TR</b> トルコ Turkey                                                  |
| <input type="checkbox"/> <b>GH</b> ガーナ Ghana                                                     | <input type="checkbox"/> <b>TT</b> トリニダード・トバゴ Trinidad and Tobago                              |
| <input type="checkbox"/> <b>GM</b> ガンビア Gambia                                                   | <input type="checkbox"/> <b>TZ</b> タンザニア United Republic of Tanzania                           |
| <input type="checkbox"/> <b>HR</b> クロアチア Croatia                                                 | <input type="checkbox"/> <b>UA</b> ウクライナ Ukraine                                               |
| <input type="checkbox"/> <b>HU</b> ハンガリー Hungary                                                 | <input type="checkbox"/> <b>UG</b> ウガンダ Uganda                                                 |
| <input type="checkbox"/> <b>ID</b> インドネシア Indonesia                                              | <input checked="" type="checkbox"/> <b>US</b> 米国 United States of America                      |
| <input type="checkbox"/> <b>IL</b> イスラエル Israel                                                  |                                                                                                |
| <input type="checkbox"/> <b>IN</b> インド India                                                     | <input type="checkbox"/> <b>UZ</b> ウズベキスタン Uzbekistan                                          |
| <input type="checkbox"/> <b>IS</b> アイスランド Iceland                                                | <input type="checkbox"/> <b>VN</b> ヴィエトナム Viet Nam                                             |
| <input type="checkbox"/> <b>JP</b> 日本 Japan                                                      | <input type="checkbox"/> <b>YU</b> ユーゴスラヴィア Yugoslavia                                         |
| <input type="checkbox"/> <b>KE</b> ケニア Kenya                                                     | <input type="checkbox"/> <b>ZA</b> 南アフリカ共和国 South Africa                                       |
| <input type="checkbox"/> <b>KG</b> キルギス Kyrgyzstan                                               | <input type="checkbox"/> <b>ZW</b> ジンバブエ Zimbabwe                                              |
| <input type="checkbox"/> <b>KP</b> 北朝鮮 Democratic People's Republic of Korea                     |                                                                                                |
| <input type="checkbox"/> <b>KR</b> 韓国 Republic of Korea                                          |                                                                                                |
| <input type="checkbox"/> <b>KZ</b> カザフスタン Kazakhstan                                             |                                                                                                |
| <input type="checkbox"/> <b>LC</b> セント・ルシア Saint Lucia                                           |                                                                                                |
| <input type="checkbox"/> <b>LK</b> スリ・ランカ Sri Lanka                                              |                                                                                                |

下の□は、この様式の施行後に特許協力条約の締結国となった国を指定するためのものである

- ☐ \_\_\_\_\_
- ☐ \_\_\_\_\_
- ☐ \_\_\_\_\_

指定の確認の宣言：出願人は、上記の指定に加えて、規則 4. 9 (b) の規定に基づき、特許協力条約の下で認められる他の全ての国の指定を行う。ただし、この宣言から除く旨の表示を追加欄にした国は、指定から除かれる。出願人は、これらの追加される指定が確認を条件としていること、並びに優先日から15月が経過する前にその確認がなされない指定は、この期間の経過時に、出願人によって取り下げられたものとみなされることを宣言する。(指定の確立(料金を含む)は、優先日から15月以内に受理官庁へ提出しなければならない。)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## 第VI欄 優先権主張

他の優先権の主張（先の出願）が追記欄に記載され

先の出願日 (日. 月. 年)	先の出願番号	先 の 出 願		
		国内出願 : 国 名	広域出願 : *広域官庁名	国際出願 : 受理官庁名
(1) 12. 01. 00	特願2000-3496	日本国 J a p a n		
(2)				
(3)				



上記( )の番号の先の出願（ただし、本国際出願が提出される受理官庁に対して提出されたものに限る）のうち、次の( )の番号のものについては、出願書類の認証謄本を作成し国際事務局へ送付することを、受理官庁（日本国特許庁の長官）に対して請求している。

(1)

\*先の出願が、ARIPOの特許出願である場合には、その先の出願を行った工業所有権の保護のためのパリ条約同盟国の少なくとも1ヶ国を追記欄に表示しなければならない（規則4.10(b)(ii)）。追記欄を参照。

## 第VII欄 国際調査機関

国際調査機関（ISA）の選択

I S A / J P

先の調査結果の利用請求；当該調査の照会（先の調査が、国際調査機関によって既に実施又は請求されている場合）

出願日（日. 月. 年）

出願番号

国名（又は広域官庁）

## 第VIII欄 照合欄：出願の言語

この国際出願の用紙の枚数は次のとおりである。

願書 ..... 3 枚  
 明細書（配列表を除く）..... 20 枚  
 請求の範囲 ..... 2 枚  
 要約書 ..... 2 枚  
 図面 ..... 10 枚  
 明細書の配列表 ..... 枚

合 計 37 枚

この国際出願には、以下にチェックした書類が添付されている。

- |                                                             |                                                         |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1. <input checked="" type="checkbox"/> 手数料計算用紙              | 5. <input type="checkbox"/> 優先権書類（上記第VI欄の( )の番号を記載する）   |
| <input checked="" type="checkbox"/> 納付する手数料に相当する特許印紙を貼付した書面 | 6. <input type="checkbox"/> 国際出願の翻訳文（翻訳に使用した言語名を記載する）   |
| <input checked="" type="checkbox"/> 国際事務局の口座への振込みを証明する書面    | 7. <input type="checkbox"/> 寄託した微生物又は他の生物材料に関する書面       |
| 2. <input checked="" type="checkbox"/> 別個の記名押印された委任状        | 8. <input type="checkbox"/> スクレオチド又はアミノ酸配列表（フレキシブルディスク） |
| 3. <input type="checkbox"/> 包括委任状の写し                        | 9. <input type="checkbox"/> その他（書類名を詳細に記載する）            |
| 4. <input type="checkbox"/> 記名押印（署名）の説明書                    |                                                         |

要約書とともに提示する図面：

第1図

本国際出願の使用言語名：

日本語

## 第IX欄 提出者の記名押印

各人の氏名（名称）を記載し、その次に押印する。

大 滝 均

## 受理官庁記入欄

1. 国際出願として提出された書類の実際の受理の日

3. 国際出願として提出された書類を補完する書類又は図面であって

その後期間内に提出されたものの実際の受理の日（訂正日）

4. 特許協力条約第11条(2)に基づく必要な補完の期間内の受理の日

5. 出願人により特定された

国際調査機関

I S A / J P

6. ☐

調査手数料未払いにつき、国際調査機関に  
 調査用写しを送付していない

2. 図面

☐ 受理された☐ 不足図面がある

## 国際事務局記入欄

記録原本の受理の日

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



## 明 細 書

物体の荷重伝達変位を表示する方法

技術分野

- 5 本発明は、物体内を仮想的な所定形状に区切ってなる各エージェントの動きを表示することによって前記物体全体の変位を表示する物体の荷重伝達変位を表示する方法に関する。

背景技術

- 10 近年、映画やコマーシャル等のいわゆるエンターテインメントにおいてC G (Computer Graphics) アニメーションが多用されるようになってきた。

- 15 しかし、物体の変形や動作をCGで再現するためには、正にそれらしく見られるように試行錯誤で作り上げるか、もしくは、大きな設備となるモーションキャプチャシステムによる動画からの復元が主流であり、人為的負荷の軽減には未だ達していない。

- 20 このような、構造物（対象物）への外力による変位を知り得るために、従来から、対象物の構造解析（構造物に限らず、熱や流体等の非構造解析も含む）のために、微分方程式を数値的に解く有限要素法（FEM: Finite Element Methodの略）が、高速大型コンピュータの出現とともに実用化され、例えば、NASTRANといった汎用プログラムが開発されている。

- 25 この有限要素法は、簡単にいうと、解法を得るために、①対象物体たる物体をFEMで解けるようにモデル化する。②要素（二次元の場合は、三角形等、三次元の場合は、六面体等）に分解する。③要素剛性マトリクスの作成。④全体剛性マトリクスの作成。⑤剛性方程式の作成。⑥剛性方程式の解法。といった手順が必要となり、例えば、二次元問題で三角

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

形要素を用いた場合、所定形状の対象物体の任意位置に節点を設定し、これらの節点を三角形（要素：有限個）の頂点とすることで対象物体を要素で分割し、各節点の変位を未知数として連立一次方程式を作り、境界条件からその対象物体の状態を解として得るものである。

- 5       そこで、構造物（対象物）への外力による変位を知り得るために、物体の挙動を精度よく解析する手法であるF E M (有限要素法)と、C G アニメーションシステムの統合が考えられるが、計算時間を考慮するととても実用的とは言えず、また、C G クリエータがF E M の専門知識をある程度得なければならない新たな課題も現れる。
- 10       上述したコンピュータグラフィックアニメーションによる立体的画像表示は、画像を数十万～数百万個の多角形で1枚の画像を表現し、例えば、対象物体を表示するには、対象物体を形成するために複数の多角形を演算により算出する必要があり、膨大な行列式の演算（1画像分について数十万～数百万個）をその都度演算し、また、その画像に対する色
- 15       や光源等の環境設定を人が想定したのち、コンピュータ等で計算し、さらに、それを複数の画像分について計算しなければならず、プログラムの巨大化とともにコンピュータの処理負荷が大きくなっていた。

- また、物体の形状変化の様子をコンピュータグラフィックアニメーションで物理的に満足する形で表現するためには、有限要素法を用いて、
- 20       その変化を得ることはできるが、もともと巨大なC G アニメーションプログラムに、巨大なF E M プログラムを統合すると、プログラムがさらに巨大化し、これを実行するコンピュータの演算時間の短縮化という点を考慮する必要とともに、専門的な知識を必要とする有限要素法をコンピュータグラフィックデザイナーが習得して利用しなければならないと
- 25       いった問題があった。

      さらに、現在のC G アニメーションは、物体の動きは滑らかであるが、

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

物体そのものの変形を考慮していないため、例えば、人物の動き自体は滑らかに動いているが、筋肉の形状はそのままであったり、車が動く場合も、車自体が上下あるいは左右には動くが、カーブを曲がる時に、タイヤにかかる力は考慮されていないため、映像全体としてみると、表現に不自然さがあった。

本発明は、上記従来の事情に鑑みてなされ、物体に与えられた荷重に基づいて、マトリクス状に仮想エージェントを生成し、個々のエージェントが変形し、さらに荷重面以外の他面に対し、所定の条件で荷重を伝達して簡易的に対象物体の状態を表示できる物体の荷重伝達変位を表示する方法を提供することを目的とする。

#### 発明の開示

上記目的を達成するために、本願請求項 1 に係る発明は、周囲から変位拘束を受けない境界中に周囲から変位拘束を受ける剛体上の物体の荷重伝達変位を表示する方法であって、前記物体の任意の位置に与えられた荷重位置に仮想的に当該物体内に生成される 6 面体または平面形状の第一の材料エージェントと、前記第一の材料エージェントの荷重を受ける面以外の隣接面に仮想的に生成される同形状の第二の材料エージェントと、以下、同様に、順次、前記物体内に前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または前記変位拘束を受ける剛体との境界まで仮想的に生成される第三、第四、・・・第 n の材料エージェントと、前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または変位拘束を受ける剛体の接触面に仮想的に生成される所定形状の境界エージェントとからなり、前記材料エージェントでは、前記荷重方向に対しては、荷重方向に前記物体の上面および下面に、その材料特性に応じた所定の荷重と、前記荷重方向に垂直な面には、前記物体の歪み特性に応じた所定の荷重と、当

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

該材料エージェントに隣接する他の材料エージェントの荷重方向上面に所定の変位拘束を受ける荷重とを伝達し、前記荷重を変位拘束を受けない境界中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重を荷重方向に同じ値の荷重を伝達し、前記変位拘束を受ける剛体中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重に対して荷重の逆方向に前記荷重と同じ値の荷重を伝達して当該物体の荷重伝達変位を表示する方法。

また、本願請求項 2 に係る発明は、請求項 1 に記載の表示方法に係り、前記第一ないし第  $n$  の材料エージェントは、伝達される荷重が所定のし

10 きい値より大のときに荷重伝達方向に生成されることを特徴とする。

また、本願請求項 3 に係る発明は、コンピュータ画面で周囲から変位拘束を受けない境界中に周囲から変位拘束を受ける剛体上の物体の荷重伝達変位を表示する方法のプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、前記物体の任意の位置に与えられた荷重位置

15 に仮想的に当該物体内に生成される 6 面体または平面形状の第一の材料エージェントと、前記第一の材料エージェントの荷重を受ける面以外の隣接面に仮想的に生成される同形状の第二の材料エージェントと、以下、同様に、順次、前記物体内に前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または前記変位拘束を受ける剛体との境界まで仮想的に生成され

20 る第三、第四、・・・第  $n$  の材料エージェントと、前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または変位拘束を受ける剛体の接触面に仮想的に生成される所定形状の境界エージェントとからなり、前記材料エージェントでは、前記荷重方向に対しては、荷重方向に前記物体の上面および下面に、その材料特性に応じた所定の荷重と、前記荷重方向に垂

25 直な面には、前記物体の歪み特性に応じた所定の荷重と、当該材料エージェントに隣接する他の材料エージェントの荷重方向上面に所定の変位

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



拘束を受ける荷重とを伝達し、前記荷重を変位拘束を受けない境界中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重を荷重方向に同じ値の荷重を伝達し、前記変位拘束を受ける剛体中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重に対して荷重の逆方向に前記荷重と同じ値の荷重を伝達して当該物体の荷重伝達変位を表示する方法。

さらに、本願請求項 4 に係る発明は、請求項 3 に記載のプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に係り、前記第一ないし第  $n$  の材料エージェントは、伝達される荷重が所定のしきい値より大のときに荷重伝達方向に生成されることを特徴とする。

#### 図面の簡単な説明

第 1 図は、本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示するための対象物体のエージェント化を示した構成図である。

第 2 図は、本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示するために、物体の材料エージェントに所定の入力荷重を与えた場合の動作概念図である。

第 3 図は、本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示するために、2次元の材料エージェントに所定の入力荷重を与えた場合の動作概念図である。

第 4 図は、本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示するために、2次元の材料エージェントに所定の入力荷重を与えた場合、入力荷重の方向に対して直角方向に伝達する荷重による動作概念図である。

第 5 図は、本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示するために、2次元の材料エージェントに所定の入力荷重を与えた場合、

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

材料エージェントの入力荷重の方向に対して変位拘束を受けない境界エージェントに直角方向に伝達する荷重による動作概念図である。

- 第 6 図は、本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示するために、2次元の材料エージェントに所定の入力荷重を与えた場合、  
5 材料エージェントの底部に変位拘束を受けそのまま返す境界エージェントが配置されているときの入力荷重に対する動作概念図である。

第 7 図は、本発明の一実施の形態に係る物体の動きを表示するために、コンピュータを利用して、対象物体と、対象物体をエージェント化して表示した様子の説明図である。

- 10 第 8 図は、本発明の一実施の形態に係るエージェントと、F E Mを、x方向とy方向の応力をそれぞれ比較した応力比較のグラフである。

第 9 図は、本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示する方法により、対象物体が変形した結果を表示した説明図である。

- 第 1 0 図は、本発明の一実施の形態に係る物体（平面）の荷重伝達変位を表示する方法（前記エージェント）によるx方向、y方向の応力値と、従来からのF E M解析によるx方向、y方向の応力値の比を表した  
15 グラフである。

- 第 1 1 図は、本発明の一実施の形態に係る物体（平面）の荷重伝達変位を表示する方法（前記エージェント）と従来からのF E M解析の変位  
20 を比較したグラフである。

発明を実施するための最良の形態

- 以下、本発明の物体の荷重伝達変位を表示する方法の一実施の形態について、特に、対象物体の任意の位置に荷重が加わった場合に、その位置から物体の境界まで生成される物体内の材料エージェントおよびその  
25 物体の境界に生成される境界エージェントの概念を用いて、その生成過

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

程およびその荷重伝達過程から物体の変位が表示される状態を図面を参照して詳細に説明する。

図 1 は、本実施の形態に係る物体 1 において、その任意の位置に荷重が加わった場合、その位置に第一のエージェントが仮想的に生成され、  
 5 その荷重が物体 1 内を伝達して、物体 1 の境界まで伝達され、いくつかのエージェントを生成するとともに、その物体 1 境界で、新たにエージェント 3 a、3 b が生成される概要を示した構成図であり、図 2 は、それらの各エージェント間で荷重がどのように伝達されるかをさらに詳細に示した荷重伝達動作図である。

10 図 1 において、符号 1 は、対象物体である物体、符号 2 は、例えば、弾性体の任意の荷重位置に生成される第一の材料エージェント、3 a は、前記物体 1 の境界に生成されるエージェントであって、周囲から変位拘束を受けない境界中に生成される境界エージェント、3 b は、前記物体 1 の境界に生成されるエージェントであって、周囲から変位拘束を受け  
 15 る前記剛体中に生成される境界エージェントである。また、4 は、本実施の形態に係る対象物体 1 が配置される前記周囲から変位拘束を受けない境界、例えば空気であり、5 は、本実施の形態に係る対象物体 1 が周囲から変位拘束を受ける境界、例えば、剛体である。

すなわち、物体 1 に加えられた荷重が、物体 1 内をどのように伝達され、それが終局的に、当該物体 1 をどのように変位（変形）させるかを示すものであり、本実施の形態では、各エージェントは、対象物体 1 の任意の位置に荷重が加わった際に当該位置に生成され、所定の仮想立体に区切った第一の材料エージェント 2 が生成され、その後、当該物体 1 の境界に生成される第 n 番目の第 n の材料エージェント 2 ままで生成さ  
 20 れる。そして、当該物体 1 が配置された状態で、その周囲から変位拘束を受けない境界中の境界に生成される境界エージェント 3 a と、その周

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

囲から変位拘束を受ける境界中の境界に生成される境界エージェント 3 b を想定して説明される。

〔エージェント生成の前提〕

5     なお、以下の各エージェントの生成および荷重伝達については、ここでは、理解のし易いように最初に便宜的に正方形の 2 次元構造を基本にして述べ、後に立方体による 3 次元構造について述べる。すなわち、配置想定として、本実施の形態では、所定境界中に配置された 2 次元対象物体を想定し、その 2 次元物対象物体のある位置に荷重を負荷された場合の、その 2 次元対象物体の各部の変位表現を図 3 から図 6 に基づいて  
10    試みる。

〔材料エージェントの動作（その 1）〕

材料エージェント 2 は、当該 2 次元対象物体内を仮想的に所定形状（例えば、「正方形」）で区切って、その対象物体に与えられる外力に対する変位を表示するために想定される仮想形状想定物であり、前記 2 次元対象  
15    物体の任意の位置に 1 つの材料エージェント 2（例えば、第一の材料エージェント 2 a）を生成する。

この第一の材料エージェント 2 a が生成されると、入力荷重  $P_0$  がかかる方向と同方向である材料エージェント 2 a の底辺（B O T T O M）  
2 a<sub>2</sub> に、上辺が接する位置に前記材料エージェント 2 a と同型の第二の材料エージェント 2 b が生成される。  
20

また、この第一の材料エージェント 2 a が生成されると、該第一の材料エージェント 2 a の一側辺（L E F T）2 a<sub>3</sub> に、第一の材料エージェント 2 a と同形状の第二の材料エージェント 2 c が生成され、材料エージェント 2 a の他側辺（R I G H T）2 a<sub>4</sub> に、同様の第二の材料エ  
25    ージェント 2 d が生成される。

図 3 は、前記材料エージェント 2 a に所定の入力荷重を与えた場合の

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



垂直方向への荷重伝達概念図であり、前記各部に生成される以下の材料エージェントは、いずれも以下の伝達動作をするものとして想定される。

材料エージェント 2 a は、本実施の形態では、正方形からなり、入力荷重  $P_0$  がかかる上辺 (TOP) 2 a<sub>1</sub> と、入力荷重  $P_0$  がかかる方向と同方向で伝達される底辺 (BOTTOM) 2 a<sub>2</sub> と、一側辺 (LEFT) 2 a<sub>3</sub> と、他側辺 (RIGHT) 2 a<sub>4</sub> とからなる。

このような材料エージェント 2 に対して、上部方向から入力荷重  $P_0$  を与えると、第一の材料エージェント 2 a が生成されるとともに、当該第一の材料エージェント 2 a の直下に荷重が伝達され、荷重が伝達される方向に第二の材料エージェント 2 b が生成される。

例えば、第一の材料エージェント 2 a の上辺 (TOP) が受ける力を荷重  $P_1$  とすると、荷重  $P_1$  は、入力荷重  $P_0$  に所定の伝達係数  $\alpha_1$  がかった荷重  $P_1$  ( $P_1 = \alpha_1 \cdot P_0$ ) となり、第二の材料エージェント 2 b の上辺 (TOP) が受ける力を荷重  $P_2$  とすると、荷重  $P_2$  は、入力荷重  $P_1$  に所定の伝達係数  $\alpha_2$  がかった荷重  $P_2$  ( $P_2 = \alpha_2 \cdot P_0$ ) となる。

また、前記材料エージェント 2 に、上部方向から入力荷重  $P_0$  を与えると、該第一の材料エージェント 2 a の一側辺 (LEFT) 2 a<sub>3</sub> に他側辺 (RIGHT) 2 c<sub>4</sub> が接する第二の材料エージェント 2 c が生成され (図 3 では、材料エージェント 2 a の左側)、前記材料エージェント 2 a の一側辺 (LEFT) 2 a<sub>3</sub> と材料エージェント 2 c の他側辺 (RIGHT) 2 c<sub>4</sub> のあいだで摩擦力が生じ、荷重  $P_0$  が伝達される方向と同方向の荷重が、材料エージェント 2 c の上辺 (TOP) 2 c<sub>1</sub> にかかる。

このとき材料エージェント 2 c の上辺 (TOP) 2 c<sub>1</sub> が受ける力は、荷重  $P_0$  に所定の伝達係数  $\alpha_3$  がかった荷重  $P_3$  ( $P_3 = \alpha_3 \cdot P_0$ ) と

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

なり、同様に、第一の材料エージェント 2 a の他側辺 (RIGHT) 2 a<sub>4</sub> に一側辺 (LEFT) が接する第二の材料エージェント 2 d が生成され (図 3 では、材料エージェント 2 a の右側)、該第二の材料エージェント 2 d の上辺 (TOP) 2 d<sub>1</sub> が受ける力も、荷重  $P_0$  に所定の伝達係数  $\alpha_3$  がかった荷重  $P_3$  ( $P_3 = \alpha_3 \cdot P_0$ ) となる。

すなわち、対象物体の上部が入力荷重  $P_0$  を受けると、対象物体は入力荷重  $P_0$  と同方向に所定の伝達係数  $\alpha_1$  がかった荷重  $P_1$  を伝達することで、伝達方向に第一の材料エージェント 2 a を生成する。すると該第一の材料エージェント 2 a の直下に所定の伝達係数  $\alpha_2$  がかった荷重  $P_2$  を伝達するとともに該伝達方向に第二の材料エージェント 2 b を生成する。また、第二の材料エージェント 2 b の上部が荷重  $P_1$  を受けると、第二の材料エージェント 2 b は、第二の材料エージェント 2 b の直下に、所定の伝達係数がかった荷重を伝達して、つぎの第三の材料エージェント (図 3 では図示外) を生成するとともに所定の伝達係数がかった荷重を受けて順次伝達する。

また、第一の材料エージェント 2 a の上部が受けた入力荷重  $P_0$  は、荷重伝達方向となる第一の材料エージェント 2 a に隣接して第二の材料エージェント 2 c と第二の材料エージェント 2 d を生成し、これら第二の材料エージェント 2 c と第二の材料エージェント 2 d とのあいだに生じる摩擦力により、該第二の材料エージェント 2 c と第二の材料エージェント 2 d の上辺には入力荷重  $P_0$  に所定の伝達係数  $\alpha_3$  がかった荷重  $P_3$  が荷重される。

そして、第二のエージェント 2 c、2 d は、荷重  $P_3$  を入力荷重として、荷重  $P_3$  に所定の伝達係数  $\alpha_1$  をかけた荷重を伝達し、第二のエージェント 2 c、2 d の直下に生成されるつぎの材料エージェントは、荷重  $P_3$  に所定の伝達係数  $\alpha_2$  がかった荷重が順次伝達される。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

このように入力荷重  $P_0$  に対して、入力荷重  $P_0$  と同方向に伝達される荷重がつぎに伝達されるのに有効だとみなされる値、つまり所定のしきい値  $\gamma$  以下になるまで荷重の伝達と、伝達される荷重が生成される方向領域（前記入力荷重  $P_0$  と同方向）に材料エージェントの生成を繰り返す。

〔材料エージェントの動作（その2）〕

つぎに、図4は、前記材料エージェント2に所定の入力荷重  $P_0$  を与えた場合、入力荷重  $P_0$  の入力方向に対して直角方向に伝達する荷重による動作概念図であり、前述した材料エージェント2と同様に、前記2次元対象物体の任意の位置に第一の材料エージェント2aを生成する。

この第一の材料エージェント2aが生成されたのち、該第一の材料エージェント2aは、入力荷重  $P_0$  の分力  $P_1$  ( $P_1 = \alpha_1 \cdot P_0$ 、 $\alpha_1$ : 伝達係数) がかかる方向に対して直角方向に伝達する。これは、第一の材料エージェント2aにかかる荷重により、該第一の材料エージェント2aが押しつぶされようとしたときに入力荷重  $P_0$  の分力  $P_1$  がかかる方向に対して直角方向に広がろうとする荷重がかかることによる。

第一の材料エージェント2aは、上記同様、正方形からなり、入力荷重  $P_0$  がかかる上辺 (TOP) 2a<sub>1</sub> と、入力荷重  $P_0$  の分力  $P_1$  がかかる方向と同方向に荷重を伝達する底辺 (BOTTOM) 2a<sub>2</sub> と、入力荷重  $P_0$  の分力  $P_1$  がかかる方向に対して直角方向で荷重を伝達する一側辺 (LEFT) 2a<sub>3</sub> と、入力荷重  $P_0$  の分力  $P_1$  がかかる方向に対して直角方向で荷重を伝達する他側辺 (RIGHT) 2a<sub>4</sub> とからなり、第一の材料エージェント2aの一側辺 (LEFT) 2a<sub>3</sub> に荷重が伝達されると、第一の材料エージェント2aと同型の第二の材料エージェント2cが生成され、第一の材料エージェント2aの他側辺 (RIGHT) 2a<sub>4</sub> に荷重が伝達されると、同様に第二の材料エージェント2dが生

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

成される。

図4において、第一の材料エージェント2aでは、入力荷重 $P_0$ を受けると、分力 $P_1$ によって荷重面との対面（図4では2a<sub>2</sub>面）を一時的に拘束し、フックの法則（弾性体の歪みは応力に比例するというもの）により歪み（ $\varepsilon$ ）を生じて、入力荷重 $P_0$ の分力 $P_1$ がかかる方向と同方向に縮み、入力荷重 $P_0$ の分力 $P_1$ がかかる方向に対して直角の方向にはポアソン比（ $\nu$ ）に基づいて広がろうとする。

すなわち、第一の材料エージェント2aでは、一側辺（LEFT）に入力荷重 $P_0$ の分力 $P_1$ に対して直角方向の荷重が伝達されると、第一の材料エージェント2aの一側辺（LEFT）2a<sub>3</sub>に接して第二の材料エージェント2cが生成され、他側辺（RIGHT）2a<sub>4</sub>に接して第二の材料エージェント2dが生成される。

この第二の材料エージェント2c、第二の材料エージェント2dが生成されることにより、入力荷重 $P_0$ を受けた材料エージェント2aは、一側辺（LEFT）2a<sub>3</sub>と他側辺（RIGHT）2a<sub>4</sub>に、歪み（ $\varepsilon_x = -\beta \cdot \nu \cdot \varepsilon_y$ （ $\beta$ ：伝達係数））分が広がろうとする。

すると、第二の材料エージェント2cの他側辺（RIGHT）側は、荷重 $P_4$ （ $P_4 = (1 - \beta) \cdot \nu \cdot \varepsilon_y \cdot A_3 \cdot E$ （ $A_3$ ：2a<sub>3</sub>面の断面積、 $E$ ：材料のヤング率））を受け、第二の材料エージェント2dの一側辺（LEFT）側は、前記第二の材料エージェント2cが受けた荷重 $P_4$ とは同量逆方向の荷重 $P_4$ （ $P_4 = (1 - \beta) \cdot \nu \cdot \varepsilon_y \cdot A_4 \cdot E$ ）を受ける。

そして、入力荷重 $P_0$ に対して、入力荷重 $P_0$ の直角に伝達される荷重が所定のしきい値 $\gamma$ 以下になるまで荷重の伝達と、荷重が生成される方向領域（前記垂直方向）へ材料エージェントの生成と荷重伝達を繰り返す。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



〔変位拘束を受けない境界エージェントの動作〕

図 5 は、前記材料エージェント 2 に所定の入力荷重を与えた場合、例えば、前記物体 1 が、周囲から変位拘束を受けない境界中に置かれている場合に、当該物体 1 は、その境界から、どのような影響を受けるかを  
5 模式化したものであって、前記物体 1 の境界に生成される第 2 の材料エージェント 2 の側辺  $2a_4$  が、例えば、空気 4) に接している場合に、側辺 (RIGHT) による入力荷重に対して、前記境界エージェント 3 a では、どのような荷重が伝達されるか、その荷重量と方向を示す動作概念図である。

- 10 図 5 において、材料エージェント 2 の側辺 (RIGHT)  $2a_4$  に垂直方向の荷重がかかると前記材料エージェント 2 の側辺 (RIGHT)  $2a_4$  に接して、境界エージェント 3 a が生成されるとともに、前記材料エージェント 2 の側辺 (RIGHT)  $2a_4$  からかかる荷重  $P_5$  が、同じ大きさ同じ方向の荷重  $P_5'$  として境界エージェント 3 a により材  
15 料エージェント 2 a に戻されることとなる。

このとき、前記材料エージェント  $2a_4$  に伝達された荷重が所定のしきい値  $\gamma$  以下の場合は、境界エージェント 3 a は生成されず、荷重は伝達されない。

〔変位拘束を受ける境界エージェントの動作〕

- 20 図 6 は、前記材料エージェント 2 に所定の入力荷重を与えた場合、該材料エージェント 2 a が、例えば、剛体 5 に接しているとした場合に、そこに生成される境界エージェント 3 b では、入力荷重に対してどのような荷重が伝達されるか、その荷重量と方向を示す動作概念図である。

- 図 6 において、入力荷重  $P_0$  (図 6 では図示外) を受けた材料エージェント 2 a の底辺 (BOTTOM)  $2a_2$  から入力荷重  $P_0$  と同方向の  
25 荷重  $P_6$  が伝達されると、剛体 5 に、前記材料エージェント 2 と同様に、

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

本実施の形態では、正方形の境界エージェント 3 b が生成される。そして、境界エージェント 3 b の上方 (TOP) から伝達された荷重  $P_0$  は、その荷重  $P_0$  と同量の荷重  $P_0'$  が境界エージェント 3 b から材料エージェント 2 a に返される。これは、境界エージェント 3 b が生成される  
 5 位置が剛体 5 によるもので、材料エージェント 2 a から受けた荷重により歪みを生じない。また、上記同様、前記材料エージェント 2 a<sub>2</sub> に伝達された荷重が所定のしきい値  $\gamma$  以下の場合は、境界エージェント 3 b は生成されず、荷重は伝達されない。

このように材料エージェント 2 から、入力荷重  $P_0$  がかかる方向と同  
 10 方向、あるいは入力荷重  $P_0$  に対して直角方向に順次生成される材料エージェント 2 は、伝達される荷重が所定の伝達係数に基づいて衰退する。例えば、ゴムのような弾性体を仮定すれば、そのゴム (弾性体) の上部面の一部に、所定の入力荷重を与えると、その入力荷重のかかった位置が大きく窪み (歪み)、入力荷重位置から距離が離れるほど窪み (歪み)  
 15 が小さくなり、この材料エージェントが生成されたゴム (弾性体) が、例えば、コンクリート台のような剛体 (境界エージェント 3) 上に載置されていると、ゴム (弾性体) から伝達された荷重が、コンクリート台 (剛体) にかかるとともにその荷重分がゴム (弾性体) に返され、コンクリート台 (剛体) は、何ら歪みを生じない。

20 つぎに、上記した 2 次元対象物体の各エージェントの動きを表示する方法について、2 次元対象物体の動きを、実際にコンピュータにより演算し、画面上に表示する様子について説明する。

なお、本実施の形態で使用するコンピュータは、メモリ 128 MByte を有し、インテル (Intel) 社製 Celeron 400 MHz  
 25 の CPU を搭載したパーソナルコンピュータであり、ソフトウェアは、Sun Microsystems 社製の J A V A 言語 (Ver. 1.1.7) with

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Swingl.1と、Symantec社製Visual Cafe Ver3.0cを使用した。

図7は、コンピュータを利用して、2次元対象物体をエージェント化して物体の荷重伝達変位を表示した様子の説明図である。

- 5 このとき、本発明の物体の荷重伝達変位を表示する方法は、表示方法のプログラムを予めコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録し、その記録媒体からプログラムを読み取るようにしてもよい。

- まず、コンピュータに、仮想対象物体の情報として、幅200mm、高さ200mm、厚さ2mmの大きさからなる平板で、材料エージェントの条件が、ヤング率206GPa、ポアソン比0.3、上方向からの  
10 入力荷重2Nとし、予め材料エージェントの伝達係数として $\alpha_1=0.5$ 、 $\alpha_2=0.5$ 、 $\alpha_3=0.25$ と、 $\beta=0.5$ を与え、さらに、しきい値 $\gamma=10E-3$ が与えられる。

- コンピュータに、上述した対象物体（材料エージェント）の条件を入力し、対象物体の任意位置に入力荷重（例えば上述した2Nの荷重）を上から下方向に与えると、伝達された荷重がしきい値 $\gamma$ より大きいときに材料エージェント2を生成し、材料エージェント2の変形および荷重伝達を行う。  
15

- 生成された全エージェントについて、所定のしきい値 $\gamma$ より小さくなるまで変形・伝達荷重の計算が終わると、その結果を、例えば、コンピュータに接続された表示装置やプリンタ等に表示して、2次元対象物体の動きを表示する。  
20

- なお、対象物体（材料エージェント）の条件は、1つの対象物体毎に入力してもよいが、予め、複数の対象物体の条件を入力し、データベース化して記憶してもよい。  
25

図8は、本発明の物体（平面）の動きを表示する方法（前記エージェ

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

ント) による x 方向、y 方向の応力値と、従来からの F E M 解析による x 方向、y 方向の応力値の比を表したグラフであり、また、図 9 は、前記エージェントと F E M を、x 方向と y 方向の応力をそれぞれ比較した応力比較のグラフであり、いずれのグラフにおいても、ほぼ傾向は一致  
5 しており、特に、応力比較グラフ (図 9 参照) の x 方向については、ほぼ一致している。

図 10 は、対象物体が変形した結果を表示した説明図であり、図 10 (a) は、該対象物体に入力荷重が与えられた場合、従来からの F E M により求めた結果であり、同 (b) は、該対象物体に入力荷重が与えられた場合に、各エージェントの変形 (歪み) を表したものであり、大ま  
10 かな動向は、ほぼ同じ形態で表されている。

このとき本願の表示方法は、対象物体に外力が働かない部分については、エージェント生成および荷重の伝達が行われず、そのまま最初の状態が表示される。

また、図 11 は、本発明の物体 (平面) の動きを表示する方法 (前記エージェント) と従来からの F E M 解析の変位を比較したグラフであり、このグラフにおいても両者の傾向が同一である。

このように、従来からの F E M と同じ大きさのマトリクスで表すと、荒さがあるが、計算が簡略で速いため、対象物体を小さくエージェント  
20 化し、伝達係数の調整を行うことで、F E M による表示とほぼ同様に、物体の変位の動向を十分に表示できる。

そして、上述したエージェントについて、入力荷重を、例えば、0.1 N 刻みで 2 N までを繰り返して表示すると、この対象物体が変形していく過程の動きを表示することができる。

ここまで、材料エージェント 2、境界エージェント 3 を 2 次元で説明したが、つぎに、第 2 の実施の形態として、本発明である物体の動きを  
25

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



表示する方法を、材料エージェント 2、境界エージェント 3 を 3 次元で説明する。

前述した図 2 は、本実施の形態に係る 3 次元対象物体（エージェント）の荷重伝達動作図であり、符号 1 2 は、材料エージェント、1 3 は、境界エージェントを想定する。

例えば、材料エージェント 1 2 の所定位置に、入力荷重  $P_0$  がかけると、本実施の形態では、例えば立方体の材料エージェント 1 2 a が生成され、材料エージェント 1 2 a が生成されると、所定の伝達係数  $\alpha_1$  に基づいて、入力荷重  $P_0$  と同方向の荷重  $P_1$  が伝達され、ついで入力荷重  $P_1$  と同方向である材料エージェント 1 2 a の底面に、所定の伝達係数  $\alpha_2$  に基づいて、入力荷重  $P_0$  と同方向の荷重  $P_2$  が伝達され、伝達方向領域（材料エージェント 1 2 a の底面）に上面が接する同形状の材料エージェント 1 2 b が生成され、入力荷重  $P_0$  と同方向に順次材料エージェント 1 2 が、所定のしきい値  $\gamma$  以下になるか、あるいは材料エージェント 1 2 h に達するまで生成・荷重伝達する。

また、この材料エージェント 1 2 a が生成されると、入力荷重  $P_0$  がかかる方向と同方向、つまり材料エージェント 1 2 a の 4 つの側面に摩擦力がかかり、前記第一の実施の形態と同様に、所定の伝達係数  $\alpha_3$  に基づいて、入力荷重  $P_0$  と同方向の荷重  $P_3$  が伝達され、材料エージェント 1 2 a と同形状の材料エージェント 1 2 c、1 2 d、1 2 e、1 2 f がそれぞれ生成される。

すなわち、図 2 において、材料エージェント 1 2 a の右側前方の側面には、材料エージェント 1 2 c が、材料エージェント 1 2 a の左側前方の側面には、材料エージェント 1 2 d が、左側後方の側面には、材料エージェント 1 2 e が、右側後方の側面には、材料エージェント 1 2 f が、それぞれ生成される。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

そして、前述したエージェントの形成と荷重伝達と同様に、前記材料エージェント 1 2 a は、入力荷重  $P_0$  の分力  $P_1$  を受けることにより押しつぶされて、歪み  $\varepsilon$  分が横に広がろうとし、各側面（本実施の形態では 4 方向）に対し垂直方向（入力荷重  $P_0$  に対して直角方向）に荷重  $P_4$  ( $P_4 = (1 - \beta) \cdot \nu \cdot \varepsilon_y \cdot A \cdot E$  (A : 材料エージェント 2 a の一側面の断面積、E : 材料のヤング率)) が伝達される。

そして、各材料エージェント 1 2 c、1 2 d、1 2 e、1 2 f、... に荷重  $P_n$  が伝達されると、荷重が所定のしきい値  $\gamma$  となるまで、あるいは材料エージェント 1 2 g に達するまで材料エージェント 1 2 を生成・荷重伝達し、続いて同様に材料エージェント 1 2 b の側面に接して材料エージェント（図 2 では図示外）を生成・荷重伝達する。

そして、前述と同様に、材料エージェント 1 2 g の一側面が変位拘束されない境界（例えば空気中）の場合は、該材料エージェント 1 2 g の一側面に接して、境界エージェント 1 3 a が生成されるとともに、前記材料エージェント 1 2 g に戻される一側面からかかる荷重  $P_5$  がそのまま荷重  $P_5'$  として境界エージェント 1 3 a にかかる。

また、入力荷重  $P_0$  の分力  $P_1$  を受けて荷重を伝達した材料エージェント 1 2 h の底面から入力荷重  $P_0$  と同方向の荷重  $P_6$  が伝達されると、変位拘束される境界（例えば剛体）に立方体の境界エージェント 1 3 b が生成され、境界エージェント 1 3 b の上面から伝達された荷重  $P_6$  は、その荷重  $P_6$  と同量の荷重  $P_6'$  が境界エージェント 1 3 b から材料エージェント 1 2 h に返される。

このように、3 次元の物体についても、前述した 2 次元の構造対象物体と同様に、各エージェントを生成・荷重伝達し、変位の様子を容易に計算することができる。

なお、上記実施の形態では、各エージェントの形状を正方形あるいは

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

立方体として説明したが、その形状は正多角形、正多面体（例えば、正6角形、正6面体）であってもよく、同形状のエージェントが、隙間無く隣接して生成されれば、特にその形状は限定しない。

5 また、上記実施の形態では、変位拘束を受けない境界エージェントを空气中として説明したが、水中（液体中）、真空中、特定種類のガス中でもよく、境界エージェントの成分は特に限定しない。

10 なお、上記実施の形態では、変位拘束を受ける境界エージェントを剛体として説明したが、剛体の他に、他の伝達係数を有する物体であってもよく、その場合は、上記材料エージェントと同様の方法で（伝達係数の異なる）演算を行ってもよい。

#### 産業上の利用可能性

15 本発明の物体の荷重伝達変位を表示する方法によると、対象物体への荷重に対して、1つ目のエージェントを生成し、そのエージェントから所定の伝達係数に基づいて順次エージェントを生成しつつ荷重を伝達させるようにしたため、物理学、特に材料力学の分野における物体の変位解析に容易に応用できるほか、コンピュータグラフィックの分野において、ゲーム等のアプリケーションプログラムに組み込み、表示される物体の変形状態を表示する際のコンピュータグラフィックスアニメーション化が簡単に実現できる。このようなことにより、専門的な知識を必要とする有限要素法を習得して利用する必要がなくなり、また、プログラムが簡易化されることから、これを実行するコンピュータの演算時間（物体変位の表示に要する時間）の短縮化を図ることができるといった利点がある。

25 また、本発明の物体の荷重伝達変位を表示する方法によると、荷重を受けない（所定のしきい値以下）の部分については、エージェントの生

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

成、荷重の伝達を行う必要がないため、物体の部分的な変位を表示する際には、従来、全体の状態を演算する必要があったのに対し、変位のない部分についての演算をする必要がないので、全体表示に要するコンピュータの演算時間の飛躍的に短縮化することができるという極めて優れた特徴・効果がある。

5

このように、専門的な知識を不要とし、またコンピュータの処理負荷を軽減できることから、コンピュータグラフィックによるコンピュータゲームや、映画の背景（コマ）等にご利用でき、機械・構造物の応力状態や、そのシミュレーションに応用でき、また物性のみならず、流体においても変位の動向を算出してシミュレーション表示すること等に広く利用できる。

10

さらに、本発明の物体の荷重伝達変位を表示する表示方法を、CGアニメーションソフトウェアと組み合わせることにより、物体そのものの変形を考慮して表示することができるため、例えば、人物の筋肉の動向形状を表示したり、車がカーブを曲がるときに、タイヤにかかる力を考慮して、実映像（ビデオカメラ等による撮影）と同様に自然な動きを表現することができる。

15

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



## 請 求 の 範 囲

1. 周囲から変位拘束を受けない境界中に周囲から変位拘束を受ける剛体上の物体の荷重伝達変位を表示する方法であって、前記物体の任意の位置に与えられた荷重位置に仮想的に当該物体内に生成される6面体または平面形状の第一の材料エージェントと、前記第一の材料エージェントの荷重を受ける面以外の隣接面に仮想的に生成される同形状の第二の材料エージェントと、以下、同様に、順次、前記物体内に前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または前記変位拘束を受ける剛体との境界まで仮想的に生成される第三、第四、・・・第nの材料エージェントと、前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または変位拘束を受ける剛体の接触面に仮想的に生成される所定形状の境界エージェントとからなり、前記材料エージェントでは、前記荷重方向に対しては、荷重方向に前記物体の上面および下面に、その材料特性に応じた所定の荷重と、前記荷重方向に垂直な面には、前記物体の歪み特性に応じた所定の荷重と、当該材料エージェントに隣接する他の材料エージェントの荷重方向上面に所定の変位拘束を受ける荷重とを伝達し、前記荷重を変位拘束を受けない境界中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重を荷重方向に同じ値の荷重を伝達し、前記変位拘束を受ける剛体中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重に対して荷重の逆方向に前記荷重と同じ値の荷重を伝達して当該物体の荷重伝達変位を表示する方法。
2. 前記第一ないし第nの材料エージェントは、伝達される荷重が所定のしきい値より大のときに荷重伝達方向に生成されることを特徴とする請求項1に記載の表示方法。
3. コンピュータ画面で周囲から変位拘束を受けない境界中に周囲から

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

- 変位拘束を受ける剛体上の物体の荷重伝達変位を表示する方法であって、前記物体の任意の位置に与えられた荷重位置に仮想的に当該物体内に生成される6面体または平面形状の第一の材料エージェントと、前記第一の材料エージェントの荷重を受ける面以外の隣接面に仮想的に生成される同形状の第二の材料エージェントと、以下、同様に、順次、前記物体内に前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または前記変位拘束を受ける剛体との境界まで仮想的に生成される第三、第四、・・・第 $n$ の材料エージェントと、前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または変位拘束を受ける剛体の接触面に仮想的に生成される所定形状の境界エージェントとからなり、前記材料エージェントでは、前記荷重方向に対しては、荷重方向に前記物体の上面および下面に、その材料特性に応じた所定の荷重と、前記荷重方向に垂直な面には、前記物体の歪み特性に応じた所定の荷重と、当該材料エージェントに隣接する他の材料エージェントの荷重方向上面に所定の変位拘束を受ける荷重とを伝達し、前記荷重を変位拘束を受けない境界中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重を荷重方向に同じ値の荷重を伝達し、前記変位拘束を受ける剛体中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重に対して荷重の逆方向に前記荷重と同じ値の荷重を伝達して当該物体の荷重伝達変位を表示するプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。
4. 前記第一ないし第 $n$ の材料エージェントは、伝達される荷重が所定のしきい値より大のときに荷重伝達方向に生成されることを特徴とする請求項3に記載のプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## 要 約 書

本発明の物体の荷重伝達変位を表示する方法は、第一の材料エージェント 2 a は、物体 1 の任意の位置に与えられた荷重面位置に仮想的に当該物体内に生成される 6 面体または平面形状を生成し、第二の材料エージェント 2 b は、前記第一の材料エージェント 2 a の荷重を受ける面以外の隣接面に仮想的に生成される同形状を生成し、以下、同様に、第三、第四・・・第 n の材料エージェント 2 は、順次、前記物体内に前記物体と前記境界中との境界まで仮想的に生成し、境界エージェント 3 a、3 b は、前記物体と前記境界中との接触境界に仮想的に生成され、周囲からの変位拘束を受けるおよび／または受けない所定形状からなり、前記材料エージェント 2 では、前記荷重方向に対しては、荷重方向に前記物体の上面および下面に、その材料特性に応じた所定の荷重と、前記荷重方向に垂直な面には、前記物体の歪み特性に応じた所定の荷重と、当該材料エージェント 2 に隣接する他の材料エージェント 2 の荷重方向上面に所定の変位拘束を受ける荷重とを伝達し、前記境界エージェント 3 では、隣接する前記材料エージェント 2 からの荷重は、変位拘束されない境界には荷重方向に同じ値の荷重を伝達し、変位拘束される境界には、隣接する前記材料エージェントからの荷重に対して逆方向に前記荷重と同じ値の荷重を伝達して境界に接した物体の荷重伝達変位を表示する。

本発明の物体の荷重伝達変位を表示する方法によると、対象物体への荷重に対して、1 つ目のエージェントを生成し、そのエージェントから所定の伝達係数に基づいて順次エージェントを生成しつつ荷重を伝達させるようにしたため、物理学、特に材料力学の分野における物体の変位解析に容易に応用できるほか、コンピュータグラフィックの分野において、ゲーム等のアプリケーションプログラムに組み込み、表示される物

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

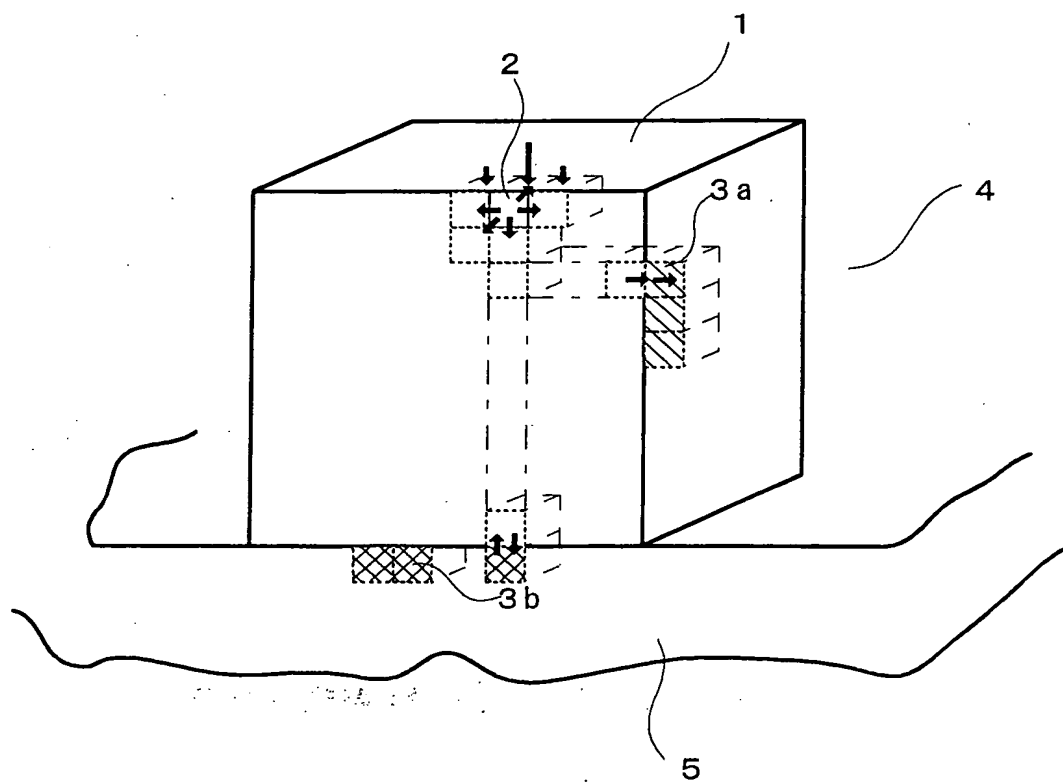
体の変形状態を表示する際のコンピュータグラフィックスアニメーション化が簡単に実現できる。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



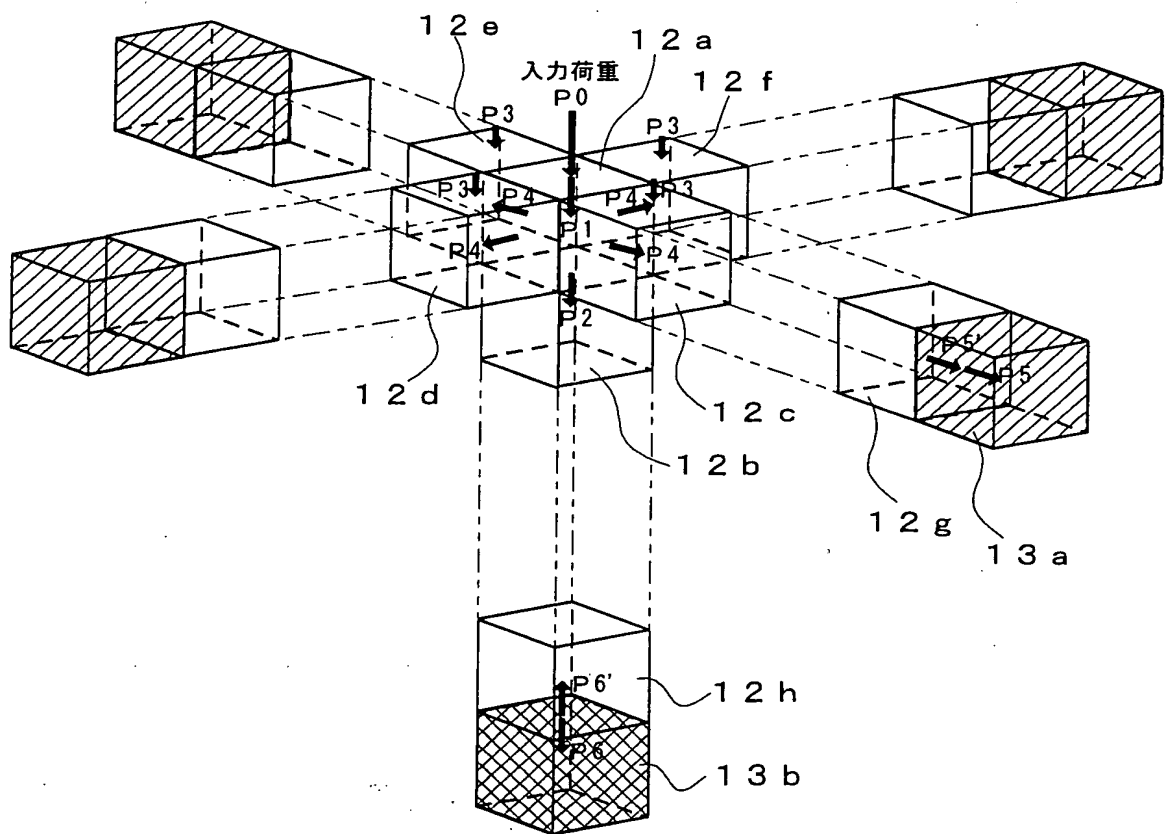
1 / 1 0

第1図



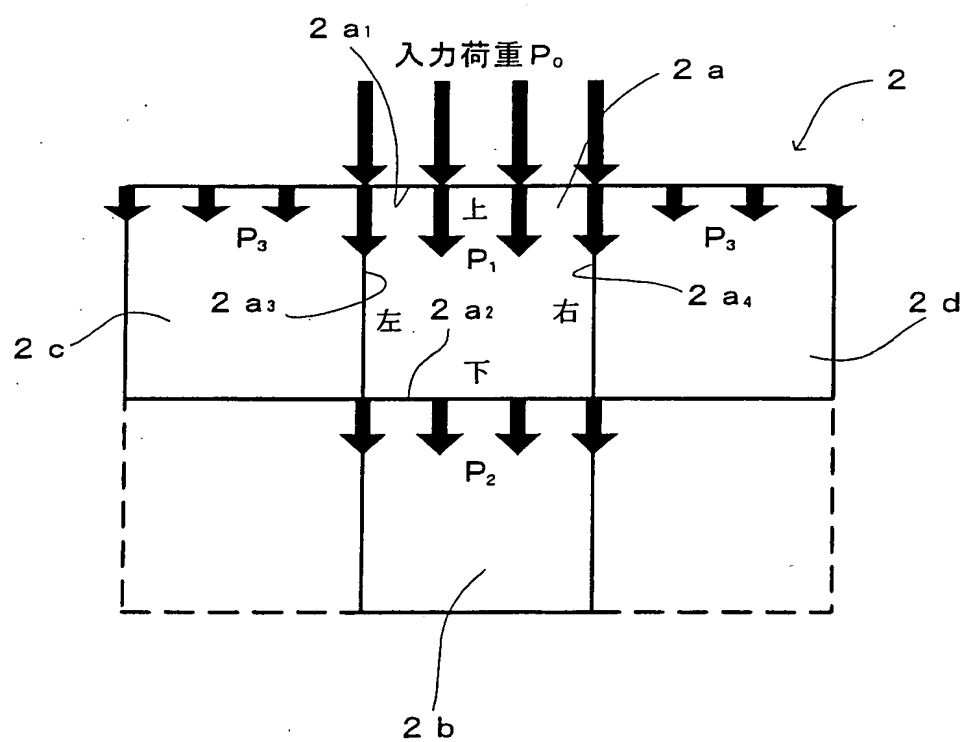
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

第2図



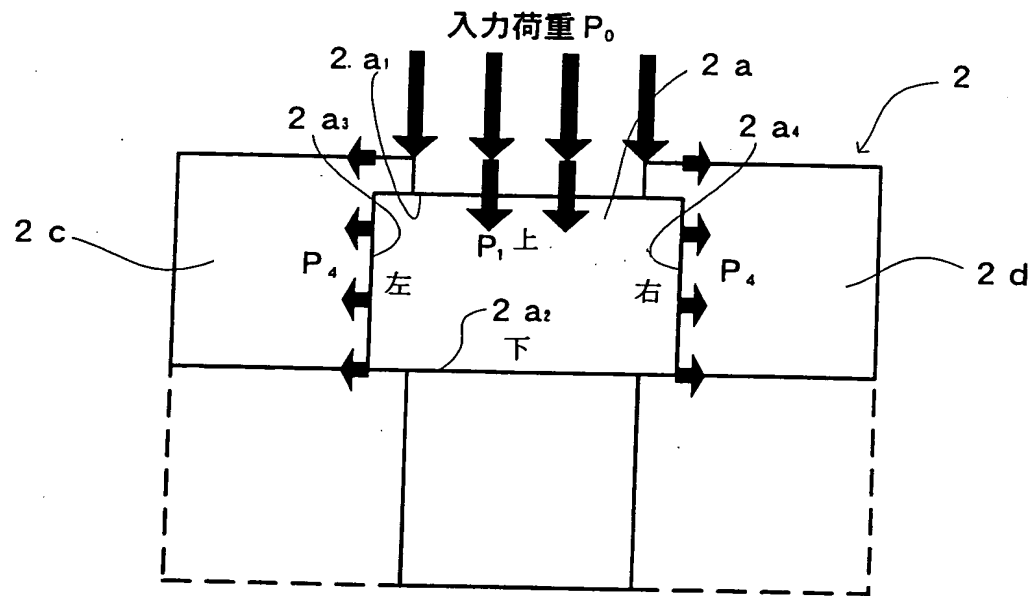
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

第 3 図



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

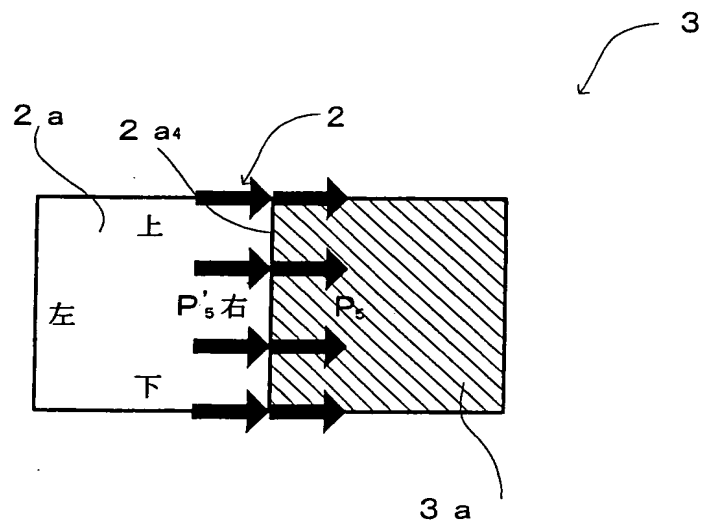
第4図



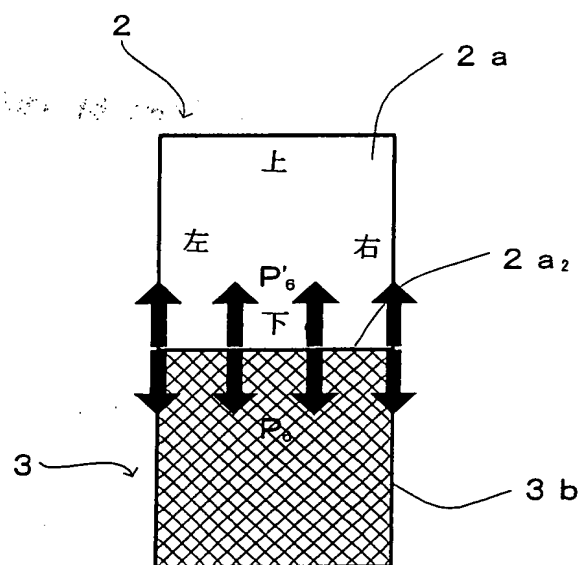
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



第5図

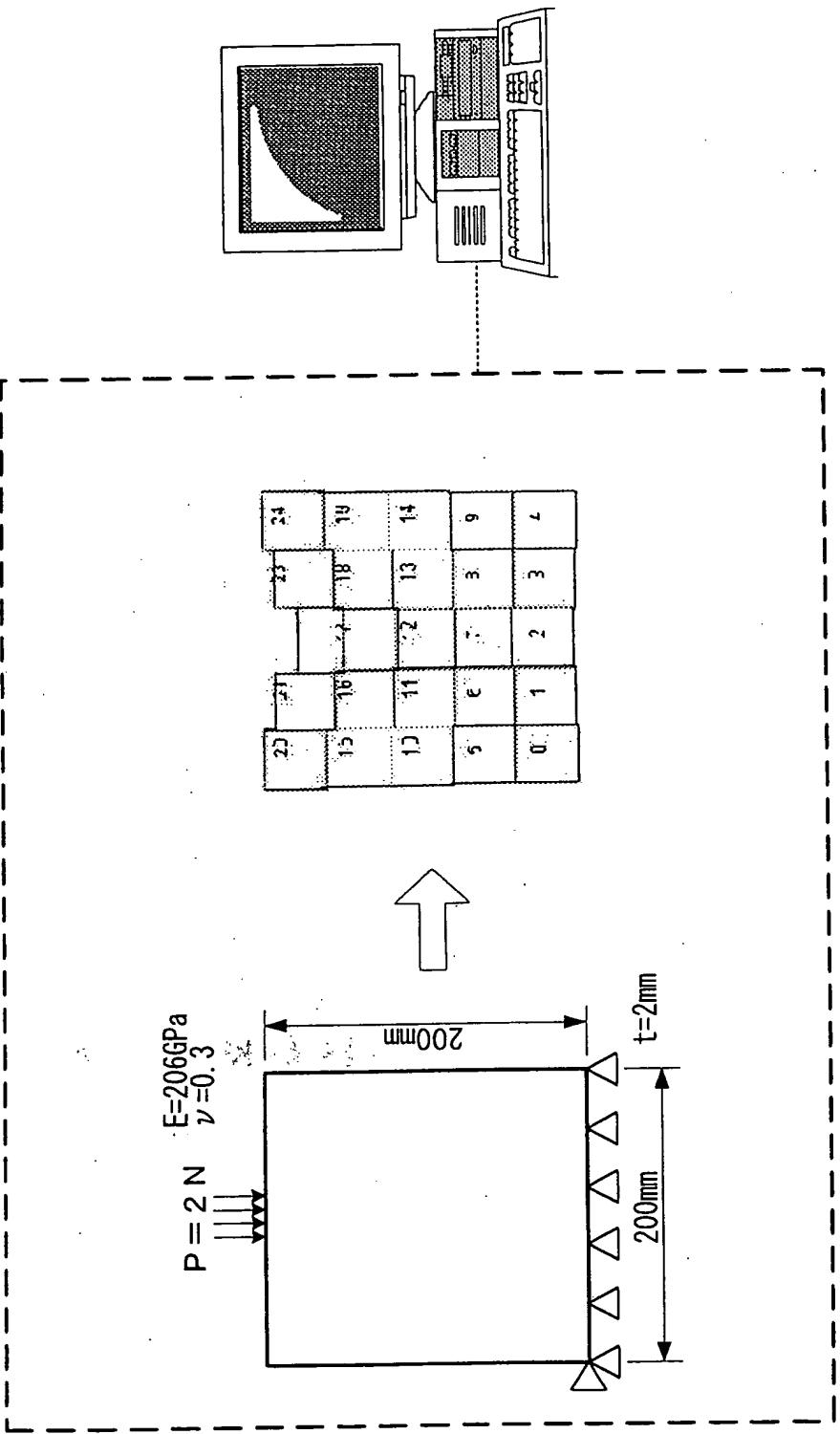


第6図



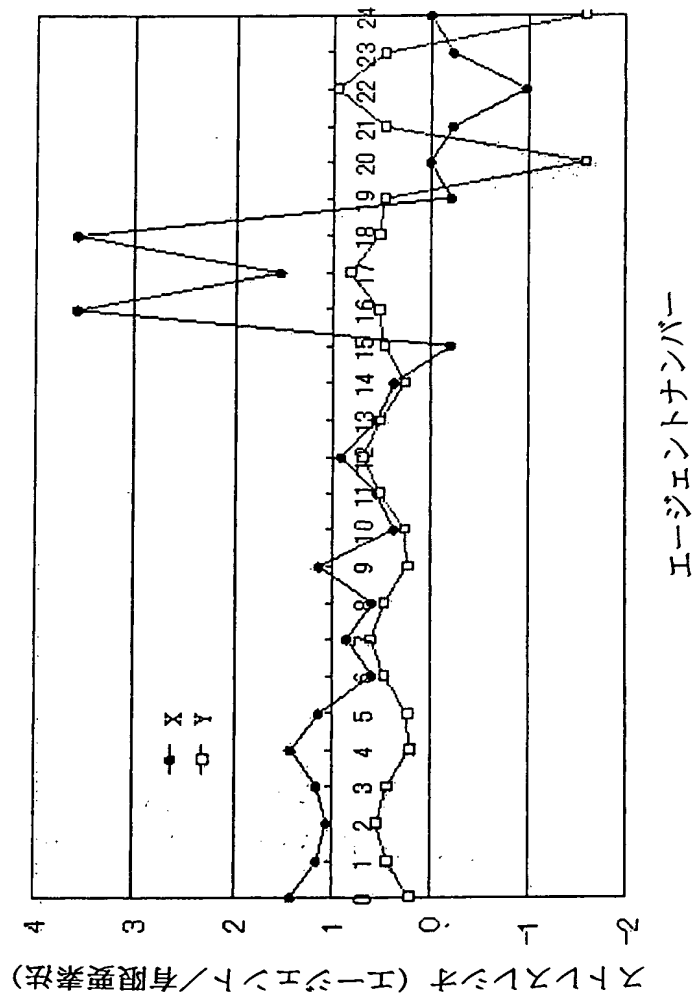
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

第 7 図



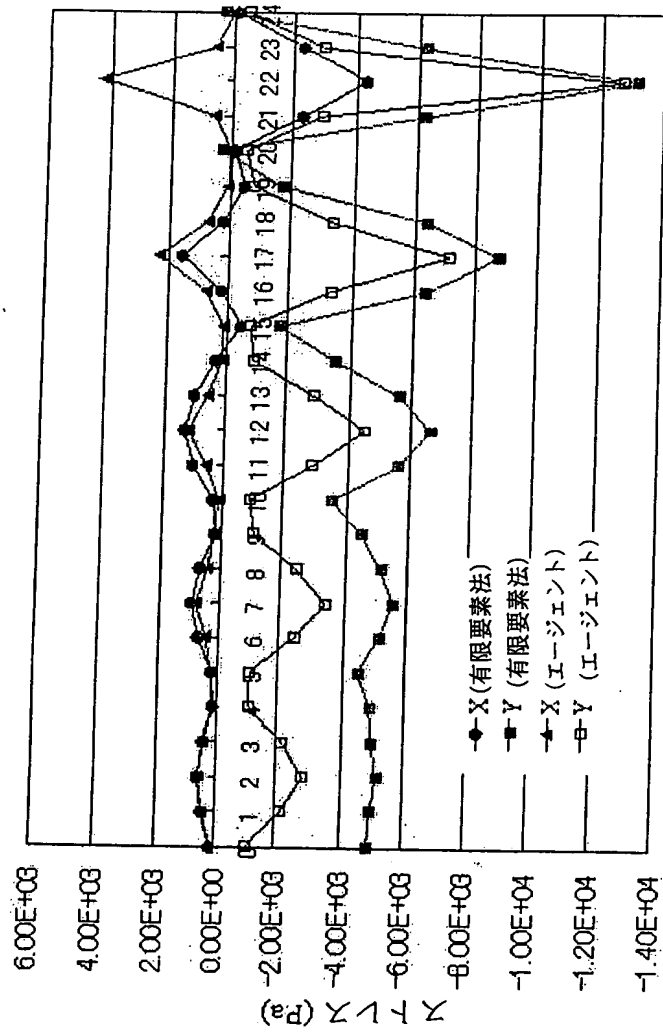
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

第8図



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

第9図

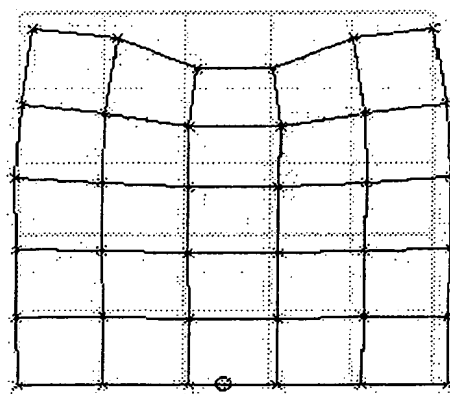


エーゼントナンバー

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



第 10 図



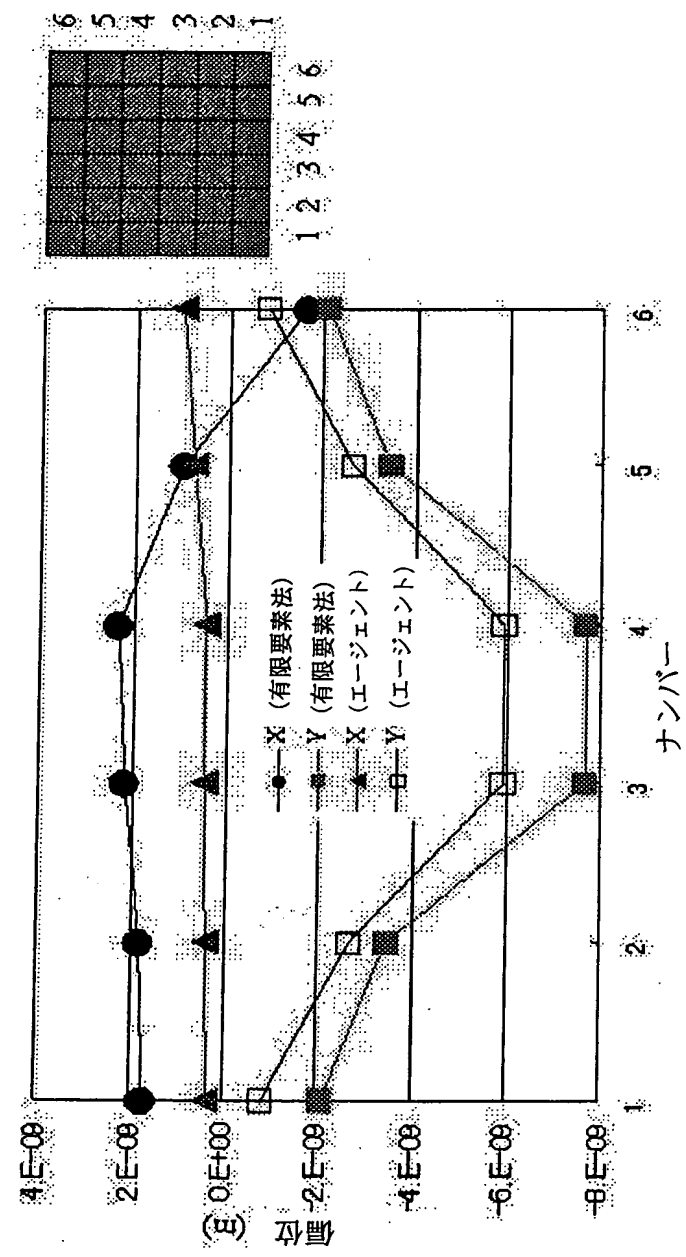
(a)

20	21		23	24
15	16	17	18	19
10	11	12	13	14
5	6	7	8	9
0	1	2	3	4

(b)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

第 1 1 図



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

PCT

## REQUEST

The undersigned requests that the present international application be processed according to the Patent Cooperation Treaty.

For receiving ( ) use only

International Application No.

International Filing Date

Name of receiving Office and "PCT International Application"

Applicant's or agent's file reference (if desired) (12 characters maximum) NUB-01-PCT

Box No. I TITLE OF INVENTION Calculation method for physical body deformation under load propagation

## Box No. II APPLICANT

Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this box is the applicant's State (that is, country) of residence (if no State of residence is indicated below.)

NIHON UNIVERSITY  
8-24, Kudanminami 4-chome,  
Chiyoda-ku, Tokyo 102-0074  
Japan

☐ This person is also inventor.

Telephone No. 03-5275-8139

Facsimile No. 03-5275-8328

Teleprinter No.

State (that is, country) of nationality:

JAPAN

State (that is, country) of residence:

JAPAN

This person is applicant for the purposes of:

☐ all designated States☒ all designated States except the United States of America☐ the United States of America only☐ the States indicated in the Supplemental Box

## Box No. III FURTHER APPLICANT(S) AND/OR (FURTHER) INVENTOR(S)

Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this box is the applicant's State (that is, country) of residence (if no State of residence is indicated below.)

NISHI Yasukazu  
6-10-1202, Toyosu 5-chome,  
Koto-ku, Tokyo 135-0061  
Japan

This person is:

☐ applicant only☒ applicant and inventor☐ inventor only (if this check-box is marked, do not fill in below.)

State (that is, country) of nationality:

JAPAN

State (that is, country) of residence:

JAPAN

This person is applicant for the purposes of:

☐ all designated States☐ all designated States except the United States of America☒ the United States of America only☐ the States indicated in the Supplemental Box☐ Further applicants and/or (further) inventors are indicated on a continuation sheet.

## Box No. IV AGENT OR COMMON REPRESENTATIVE; OR ADDRESS FOR CORRESPONDENCE

The person identified below is hereby/has been appointed to act on behalf of the applicant(s) before the competent International Authorities as:

☒ agent☐ common representative

Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country.)

9004 OTAKI Hitoshi  
Seiho Bldg. 4F, 7-7,  
Ueno 3-chome, Taito-ku, Tokyo  
110-0005 Japan

Telephone No.

Facsimile No.

03-5688-6516

Teleprinter No.

03-5688-6510

☐ Address for correspondence: Mark this check-box where no agent or common representative is/has been appointed and the space above is used instead to indicate a special address to which correspondence should be sent.

Form PCT/RO/101 (first sheet) (July 1998; reprint July 1999)

See Notes to the request form

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**Box No. V DESIGNATION OF STATES**

The following designations are hereby made under Rule 4.9(a) (mark the applicable check-boxes; at least one must be marked):

**Regional Patent**

- ☐ **AP** ARIPO Patent: GH Ghana, GM Gambia, KE Kenya, LS Lesotho, MW Malawi, SD Sudan, SL Sierra Leone, SZ Swaziland, UG Uganda, ZW Zimbabwe, and any other State which is a Contracting State of the Harare Protocol and of the PCT
- ☐ **EA** Eurasian Patent: AM Armenia, AZ Azerbaijan, BY Belarus, KG Kyrgyzstan, KZ Kazakhstan, MD Republic of Moldova, RU Russian Federation, TJ Tajikistan, TM Turkmenistan, and any other State which is a Contracting State of the Eurasian Patent Convention and of the PCT
- ☐ **EP** European Patent: AT Austria, BE Belgium, CH and LI Switzerland and Liechtenstein, CY Cyprus, DE Germany, DK Denmark, ES Spain, FI Finland, FR France, GB United Kingdom, GR Greece, IE Ireland, IT Italy, LU Luxembourg, MC Monaco, NL Netherlands, PT Portugal, SE Sweden, and any other State which is a Contracting State of the European Patent Convention and of the PCT
- ☐ **OA** OAPI Patent: BF Burkina Faso, BJ Benin, CF Central African Republic, CG Congo, CI Côte d'Ivoire, CM Cameroon, GA Gabon, GN Guinea, GW Guinea-Bissau, ML Mali, MR Mauritania, NE Niger, SN Senegal, TD Chad, TG Togo, and any other State which is a member State of OAPI and a Contracting State of the PCT (if other kind of protection or treatment desired, specify on dotted line) .....

**National Patent (if other kind of protection or treatment desired, specify on dotted line):**

- |                                                                          |                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> <b>AE</b> United Arab Emirates                  | <input type="checkbox"/> <b>LR</b> Liberia                                                                  |
| <input type="checkbox"/> <b>AL</b> Albania                               | <input type="checkbox"/> <b>LS</b> Lesotho                                                                  |
| <input type="checkbox"/> <b>AM</b> Armenia                               | <input type="checkbox"/> <b>LT</b> Lithuania                                                                |
| <input type="checkbox"/> <b>AT</b> Austria                               | <input type="checkbox"/> <b>LU</b> Luxembourg                                                               |
| <input type="checkbox"/> <b>AU</b> Australia                             | <input type="checkbox"/> <b>LV</b> Latvia                                                                   |
| <input type="checkbox"/> <b>AZ</b> Azerbaijan                            | <input type="checkbox"/> <b>MD</b> Republic of Moldova                                                      |
| <input type="checkbox"/> <b>BA</b> Bosnia and Herzegovina                | <input type="checkbox"/> <b>MG</b> Madagascar                                                               |
| <input type="checkbox"/> <b>BB</b> Barbados                              | <input type="checkbox"/> <b>MK</b> The former Yugoslav Republic of Macedonia                                |
| <input type="checkbox"/> <b>BG</b> Bulgaria                              |                                                                                                             |
| <input type="checkbox"/> <b>BR</b> Brazil                                | <input type="checkbox"/> <b>MN</b> Mongolia                                                                 |
| <input type="checkbox"/> <b>BY</b> Belarus                               | <input type="checkbox"/> <b>MW</b> Malawi                                                                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>CA</b> Canada                     | <input type="checkbox"/> <b>MX</b> Mexico                                                                   |
| <input type="checkbox"/> <b>CH and LI</b> Switzerland and Liechtenstein  | <input type="checkbox"/> <b>NO</b> Norway                                                                   |
| <input type="checkbox"/> <b>CN</b> China                                 | <input type="checkbox"/> <b>NZ</b> New Zealand                                                              |
| <input type="checkbox"/> <b>CU</b> Cuba                                  | <input type="checkbox"/> <b>PL</b> Poland                                                                   |
| <input type="checkbox"/> <b>CZ</b> Czech Republic                        | <input type="checkbox"/> <b>PT</b> Portugal                                                                 |
| <input type="checkbox"/> <b>DE</b> Germany                               | <input type="checkbox"/> <b>RO</b> Romania                                                                  |
| <input type="checkbox"/> <b>DK</b> Denmark                               | <input type="checkbox"/> <b>RU</b> Russian Federation                                                       |
| <input type="checkbox"/> <b>EE</b> Estonia                               | <input type="checkbox"/> <b>SD</b> Sudan                                                                    |
| <input type="checkbox"/> <b>ES</b> Spain                                 | <input type="checkbox"/> <b>SE</b> Sweden                                                                   |
| <input type="checkbox"/> <b>FI</b> Finland                               | <input type="checkbox"/> <b>SG</b> Singapore                                                                |
| <input type="checkbox"/> <b>GB</b> United Kingdom                        | <input type="checkbox"/> <b>SI</b> Slovenia                                                                 |
| <input type="checkbox"/> <b>GD</b> Grenada                               | <input type="checkbox"/> <b>SK</b> Slovakia                                                                 |
| <input type="checkbox"/> <b>GE</b> Georgia                               | <input type="checkbox"/> <b>SL</b> Sierra Leone                                                             |
| <input type="checkbox"/> <b>GH</b> Ghana                                 | <input type="checkbox"/> <b>TJ</b> Tajikistan                                                               |
| <input type="checkbox"/> <b>GM</b> Gambia                                | <input type="checkbox"/> <b>TM</b> Turkmenistan                                                             |
| <input type="checkbox"/> <b>HR</b> Croatia                               | <input type="checkbox"/> <b>TR</b> Turkey                                                                   |
| <input type="checkbox"/> <b>HU</b> Hungary                               | <input type="checkbox"/> <b>TT</b> Trinidad and Tobago                                                      |
| <input type="checkbox"/> <b>ID</b> Indonesia                             | <input type="checkbox"/> <b>UA</b> Ukraine                                                                  |
| <input type="checkbox"/> <b>IL</b> Israel                                | <input checked="" type="checkbox"/> <b>UG</b> Uganda                                                        |
| <input type="checkbox"/> <b>IN</b> India                                 | <input checked="" type="checkbox"/> <b>US</b> United States of America                                      |
| <input type="checkbox"/> <b>IS</b> Iceland                               |                                                                                                             |
| <input type="checkbox"/> <b>JP</b> Japan                                 | <input type="checkbox"/> <b>UZ</b> Uzbekistan                                                               |
| <input type="checkbox"/> <b>KE</b> Kenya                                 | <input type="checkbox"/> <b>VN</b> Viet Nam                                                                 |
| <input type="checkbox"/> <b>KG</b> Kyrgyzstan                            | <input type="checkbox"/> <b>YU</b> Yugoslavia                                                               |
| <input type="checkbox"/> <b>KP</b> Democratic People's Republic of Korea | <input type="checkbox"/> <b>ZA</b> South Africa                                                             |
| <input type="checkbox"/> <b>KR</b> Republic of Korea                     | <input type="checkbox"/> <b>ZW</b> Zimbabwe                                                                 |
| <input type="checkbox"/> <b>KZ</b> Kazakhstan                            | Check-boxes reserved for designating States which have become party to the PCT after issuance of this sheet |
| <input type="checkbox"/> <b>LC</b> Saint Lucia                           |                                                                                                             |
| <input type="checkbox"/> <b>LK</b> Sri Lanka                             |                                                                                                             |

**CONTINUATION**

**Precautionary Designation Statement:** In addition to the designations made above, the applicant also makes under Rule 4.9(b) all other designations which would be permitted under the PCT except any designation(s) indicated in the Supplemental Box as being excluded from the scope of this statement. The applicant declares that those additional designations are subject to confirmation and that any designation which is not confirmed before the expiration of 15 months from the priority date is to be regarded as withdrawn by the applicant at the expiration of that time limit. (Confirmation of a designation consists of the filing of a notice specifying that designation and the payment of the designation and confirmation fee. Confirmation must reach the receiving Office within the 15-month time limit.)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Box No. VI PRIORITY CLAIM		<input type="checkbox"/> Further priority claims are indicated in the Supplemental Box.		
Filing date of earlier application (day/month/year)	Number of earlier application	Where earlier application is:		
		national application: country	regional application: regional Office	international application: receiving Office
item (1) 12. 01. 00	Patent Application 2000-3496	Japan		
item (2)				
item (3)				

☒ The receiving Office is requested to prepare and transmit to the International Bureau a certified copy of the earlier application(s) (only if the earlier application was filed with the Office which for the purposes of the present international application is the receiving Office) identified above as item(s): (1)

\* Where the earlier application is an ARIPO application, it is mandatory to indicate in the Supplemental Box at least one country party to the Paris Convention for the Protection of Industrial Property for which that earlier application was filed (Rule 4.10(b)(ii)). See Supplemental Box.

## Box No. VII INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

Choice of International Searching Authority (ISA) of two or more International Searching Authorities are competent to carry out the international search. Indicate the Authority chosen; the two-letter code may be used:

ISA/ J P

Request to use results of earlier search: reference to that search (if an earlier search has been carried out by or requested from the International Searching Authority):

Date (day/month/year)

Number

Country (or regional Office)

## Box No. VIII CHECK LIST: LANGUAGE OF FILING

This international application contains the following number of sheets:

request : 3  
description (excluding sequence listing part) : 20  
claims : 2  
abstract : 2  
drawings : 10  
sequence listing part of description : 10

Total number of sheets : 37

This international application is accompanied by the item(s) marked below:

1. ☒ fee calculation sheet
2. ☒ separate signed power of attorney
3. ☐ copy of general power of attorney, reference number, if any.
4. ☐ statement explaining lack of signature
5. ☐ priority document(s) identified in Box No. VI as item(s):
6. ☐ translation of international application into (language):
7. ☐ separate indications concerning deposited microorganism or other biological material
8. ☐ nucleotide and/or amino acid sequence listing in computer readable form
9. ☐ other (specify): Request for transmittal of priority document

Figure of the drawings which should accompany the abstract:

1

Language of filing of the international application:

Japanese

## Box No. IX SIGNATURE OF APPLICANT OR AGENT

Next to each signature, indicate the name of the person signing and the capacity in which the person signs (if such capacity is not obvious from reading the request).

signature

OTAKI Hitoshi

For receiving Office use only

1. Date of actual receipt of the purported international application:	2. Drawings: <input type="checkbox"/> received; <input type="checkbox"/> not received:
3. Corrected date of actual receipt due to later but timely received papers or drawings completing the purported international application:	
4. Date of timely receipt of the required corrections under PCT Article 11(2):	
5. International Searching Authority (if two or more are competent): ISA/ J P	6. <input type="checkbox"/> Transmittal of search copy delayed until search fee is paid.

For International Bureau use only

Date of receipt of the record copy by the International Bureau:

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



P C T

## 国際調査報告

(法 8 条、法施行規則第40、41条)  
〔P C T 1 8 条、P C T 規則43、44〕

出願人又は代理人 の書類記号 NUB-01-PCT	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220) 及び下記5を参照すること。	
国際出願番号 PCT/JP00/04834	国際出願日 (日.月.年) 19.07.00	優先日 (日.月.年) 12.01.00
出願人 (氏名又は名称) 学校法人 日本大学		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条 (P C T 1 8 条) の規定に従い出願人に送付する。  
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 3 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

## 1. 国際調査報告の基礎

- a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。  
☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。
- b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。  
☐ この国際出願に含まれる書面による配列表  
☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表  
☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表  
☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表  
☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。  
☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記録した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない (第 I 欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している (第 II 欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。  
☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☐ 出願人が提出したものを承認する。  
☒ 第 III 欄に示されているように、法施行規則第47条 (P C T 規則38.2(b)) の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から 1 カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、  
第 1 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。 ☐ なし  
☐ 出願人は図を示さなかった。  
☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## 第III欄 要約 (第1ページの5の続き)

本発明は、対象物体に与えられた荷重面位置に、仮想的に6面体または平面形状の材料エージェントを生成し、該材料エージェントの荷重面以外の隣接面に同形状の材料エージェントを生成し、また、前記物体の境界面には境界エージェントを生成し、荷重方向に隣接する材料エージェントには、その材料特性に応じた所定の荷重を伝達し、前記荷重方向に垂直な面に隣接する材料エージェントには、前記物体の歪み特性に応じた所定の荷重と、荷重方向上面に所定の変位拘束を受ける荷重とを伝達し、さらに、境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重は、変位拘束されない境界には荷重方向に同じ値の荷重を伝達し、変位拘束される境界には、隣接する前記材料エージェントからの荷重に対して逆方向に前記荷重と同じ値の荷重を伝達することで、個々の材料エージェントが荷重面以外の他面に対し、所定の条件で荷重を伝達していく様子を、簡易的に表示できる物体の荷重伝達変位を表示する方法を提供する。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G 06 T 15/70

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G 06 T 15/00 - 17/40  
 Int. Cl<sup>7</sup> G 06 F 17/50

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2000年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2000年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

J I C S T ファイル (J O I S)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	1999年度 日本機械学会年次大会講演論文集 (II), 西恭一他 「マルチエージェントによる構造解析の試み」, p79-80	1-4

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

18.08.00

国際調査報告の発送日

29.08.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

岡本 俊威

5 H 9178

電話番号 03-3581-1101 内線 3531

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2001年7月19日 (19.07.2001)

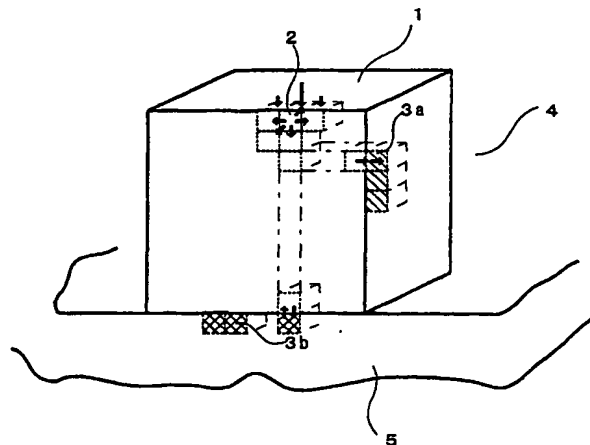
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 01/52193 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G06T 15/70 (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 西 恭一 (NISHI, Yasukazu) [JP/JP]; 〒135-0061 東京都江東区豊洲5丁目6番10号の1202 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP00/04834
- (22) 国際出願日: 2000年7月19日 (19.07.2000) (74) 代理人: 弁理士 大滝 均 (OTAKI, Hitoshi); 〒110-0005 東京都台東区上野三丁目7番7号 青邦ビル4階 Tokyo (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (81) 指定国 (国内): CA, US.
- (30) 優先権データ: 特願2000-3496 2000年1月12日 (12.01.2000) JP 添付公開書類:  
— 国際調査報告書
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 学校法人 日本大学 (NIHON UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒102-0074 東京都千代田区九段南四丁目8番24号 Tokyo (JP). 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: METHOD FOR DISPLAYING LOAD TRANSFER DISPLACEMENT OF OBJECT

(54) 発明の名称: 物体の荷重伝達変位を表示する方法



(57) Abstract: A first material agent of hexahedron or two-dimensional shape is virtually generated in a position of a load area given to an object. A second material agent of the same shape is generated in an adjacent area other than the load area of the first material agent. A boundary agent is generated on the boundary area of the object. A predetermined load corresponding to the material characteristics is transferred to a material agent adjacent in the direction of the load. A predetermined load corresponding to the strain characteristics of the object and a load subjected to a predetermined displacement constraint at the top face in the direction of the load are transferred to material agent adjacent to a face perpendicular to the direction of the load. A load the value of which is equal to that of the load from the adjacent material agent is transferred in the direction of the load to the boundary of the boundary agent not subjected to displacement constraint, and a load the value of which is equal to that of the load from the adjacent material agent is transferred in the opposite direction of the load to the boundary subjected to displacement constraint. Therefore the process that material agents transfer loads to surfaces other than the load areas under predetermined conditions is simply displayed, thus providing a method for displaying the load transfer displacement of an object.

[続葉有]



---

(57) 要約:

本発明は、対象物体に与えられた荷重面位置に、仮想的に6面体または平面形状の材料エージェントを生成し、該材料エージェントの荷重面以外の隣接面に同形状の材料エージェントを生成し、また、前記物体の境界面には境界エージェントを生成し、荷重方向に隣接する材料エージェントには、その材料特性に応じた所定の荷重を伝達し、前記荷重方向に垂直な面に隣接する材料エージェントには、前記物体の歪み特性に応じた所定の荷重と、荷重方向上面に所定の変位拘束を受ける荷重とを伝達し、さらに、境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重は、変位拘束されない境界には荷重方向に同じ値の荷重を伝達し、変位拘束される境界には、隣接する前記材料エージェントからの荷重に対して逆方向に前記荷重と同じ値の荷重を伝達することで、個々の材料エージェントが荷重面以外の他面に対し、所定の条件で荷重を伝達していく様子を、簡易的に表示できる物体の荷重伝達変位を表示する方法を提供する。

## 明 細 書

## 物体の荷重伝達変位を表示する方法

## 技術分野

本発明は、物体内を仮想的な所定形状に区切ってなる各エージェント  
5 の動きを表示することによって前記物体全体の変位を表示する物体の荷  
重伝達変位を表示する方法に関する。

## 背景技術

近年、映画やコマーシャル等のいわゆるエンターテインメントにおい  
10 てC G (Computer Graphics)アニメーションが多用されるようになって  
きた。

しかし、物体の変形や動作をCGで再現するためには、正にそれらしく  
見られるように試行錯誤で作り上げるか、もしくは、大きな設備となる  
モーションキャプチャシステムによる動画からの復元が主流であり、人  
15 為的負荷の軽減には未だ達していない。

このような、構造物（対象物）への外力による変位を知り得るために、  
従来から、対象物の構造解析（構造物に限らず、熱や流体等の非構造解  
析も含む）のために、微分方程式を数値的に解く有限要素法（F E M :  
Finite Element Methodの略）が、高速大型コンピュータの出現とと  
20 もに実用化され、例えば、N A S T R A Nといった汎用プログラムが開  
発されている。

この有限要素法は、簡単にいうと、解法を得るために、①対象物体た  
る物体をFEMで解けるようにモデル化する。②要素（二次元の場合は、三  
角形等、三次元の場合は、六面体等）に分解する。③要素剛性マトリク  
25 スの作成。④全体剛性マトリクスの作成。⑤剛性方程式の作成。⑥剛性  
方程式の解法。といった手順が必要となり、例えば、二次元問題で三角

形要素を用いた場合、所定形状の対象物体の任意位置に節点を設定し、これらの節点を三角形（要素：有限個）の頂点とすることで対象物体を要素で分割し、各節点の変位を未知数として連立一次方程式を作り、境界条件からその対象物体の状態を解として得るものである。

5       そこで、構造物（対象物）への外力による変位を知り得るために、物体の挙動を精度よく解析する手法であるF E M(有限要素法)と、C Gアニメーションシステムの統合が考えられるが、計算時間を考慮するととても実用的とは言えず、また、C GクリエイターがF E Mの専門知識をある程度得なければならない新たな課題も現れる。

10       上述したコンピュータグラフィックアニメーションによる立体的画像表示は、画像を数十万～数百万個の多角形で1枚の画像を表現し、例えば、対象物体を表示するには、対象物体を形成するために複数の多角形を演算により算出する必要があり、膨大な行列式の演算（1画像分について数十万～数百万個）をその都度演算し、また、その画像に対する色  
15       や光源等の環境設定を人が想定したのち、コンピュータ等で計算し、さらに、それを複数の画像分について計算しなければならず、プログラムの巨大化とともにコンピュータの処理負荷が大きくなっていた。

      また、物体の形状変化の様子をコンピュータグラフィックアニメーションで物理的に満足する形で表現するためには、有限要素法を用いて、  
20       その変化を得ることはできるが、もともと巨大なC Gアニメーションプログラムに、巨大なF E Mプログラムを統合すると、プログラムがさらに巨大化し、これを実行するコンピュータの演算時間の短縮化という点を考慮する必要とともに、専門的な知識を必要とする有限要素法をコンピュータグラフィックデザイナーが習得して利用しなければならないと  
25       といった問題があった。

      さらに、現在のC Gアニメーションは、物体の動きは滑らかであるが、

物体そのものの変形を考慮していないため、例えば、人物の動き自体は滑らかに動いているが、筋肉の形状はそのままであったり、車が動く場合も、車自体が上下あるいは左右には動くが、カーブを曲がる時に、タイヤにかかる力は考慮されていないため、映像全体としてみると、表現に不自然さがあった。

- 5 本発明は、上記従来の事情に鑑みてなされ、物体に与えられた荷重に基づいて、マトリクス状に仮想エージェントを生成し、個々のエージェントが変形し、さらに荷重面以外の他面に対し、所定の条件で荷重を伝達して簡易的に対象物体の状態を表示できる物体の荷重伝達変位を表示
- 10 する方法を提供することを目的とする。

#### 発明の開示

- 上記目的を達成するために、本願請求項1に係る発明は、周囲から変位拘束を受けない境界中に周囲から変位拘束を受ける剛体上の物体の荷
- 15 重伝達変位を表示する方法であって、前記物体の任意の位置に与えられた荷重位置に仮想的に当該物体内に生成される6面体または平面形状の第一の材料エージェントと、前記第一の材料エージェントの荷重を受ける面以外の隣接面に仮想的に生成される同形状の第二の材料エージェントと、以下、同様に、順次、前記物体内に前記物体と前記変位拘束を受
- 20 けない境界および／または前記変位拘束を受ける剛体との境界まで仮想的に生成される第三、第四、・・・第nの材料エージェントと、前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または変位拘束を受ける剛体の接触面に仮想的に生成される所定形状の境界エージェントとからなり、前記材料エージェントでは、前記荷重方向に対しては、荷重方向に前記
- 25 物体の上面および下面に、その材料特性に応じた所定の荷重と、前記荷重方向に垂直な面には、前記物体の歪み特性に応じた所定の荷重と、当

該材料エージェントに隣接する他の材料エージェントの荷重方向上面に所定の変位拘束を受ける荷重とを伝達し、前記荷重を変位拘束を受けない境界中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重を荷重方向に同じ値の荷重を伝達し、前記変位拘束を受ける剛体中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重に対して荷重の逆方向に前記荷重と同じ値の荷重を伝達して当該物体の荷重伝達変位を表示する方法。

また、本願請求項 2 に係る発明は、請求項 1 に記載の表示方法に係り、前記第一ないし第  $n$  の材料エージェントは、伝達される荷重が所定のし  
10 きい値より大のときに荷重伝達方向に生成されることを特徴とする。

また、本願請求項 3 に係る発明は、コンピュータ画面で周囲から変位拘束を受けない境界中に周囲から変位拘束を受ける剛体上の物体の荷重伝達変位を表示する方法のプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、前記物体の任意の位置に与えられた荷重位置  
15 に仮想的に当該物体内に生成される 6 面体または平面形状の第一の材料エージェントと、前記第一の材料エージェントの荷重を受ける面以外の隣接面に仮想的に生成される同形状の第二の材料エージェントと、以下、同様に、順次、前記物体内に前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または前記変位拘束を受ける剛体との境界まで仮想的に生成され  
20 る第三、第四、・・・第  $n$  の材料エージェントと、前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または変位拘束を受ける剛体の接触面に仮想的に生成される所定形状の境界エージェントとからなり、前記材料エージェントでは、前記荷重方向に対しては、荷重方向に前記物体の上面および下面に、その材料特性に応じた所定の荷重と、前記荷重方向に垂  
25 直な面には、前記物体の歪み特性に応じた所定の荷重と、当該材料エージェントに隣接する他の材料エージェントの荷重方向上面に所定の変位

拘束を受ける荷重とを伝達し、前記荷重を変位拘束を受けない境界中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重を荷重方向に同じ値の荷重を伝達し、前記変位拘束を受ける剛体中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重に対して荷重の逆方向に前記荷重と同じ値の荷重を伝達して当該物体の荷重伝達変位を表示する方法。

さらに、本願請求項 4 に係る発明は、請求項 3 に記載のプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に係り、前記第一ないし第  $n$  の材料エージェントは、伝達される荷重が所定のしきい値より大のときに荷重伝達方向に生成されることを特徴とする。

#### 図面の簡単な説明

第 1 図は、本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示するための対象物体のエージェント化を示した構成図である。

第 2 図は、本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示するために、物体の材料エージェントに所定の入力荷重を与えた場合の動作概念図である。

第 3 図は、本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示するために、2次元の材料エージェントに所定の入力荷重を与えた場合の動作概念図である。

第 4 図は、本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示するために、2次元の材料エージェントに所定の入力荷重を与えた場合、入力荷重の方向に対して直角方向に伝達する荷重による動作概念図である。

第 5 図は、本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示するために、2次元の材料エージェントに所定の入力荷重を与えた場合、

材料エージェントの入力荷重の方向に対して変位拘束を受けない境界エージェントに直角方向に伝達する荷重による動作概念図である。

- 第 6 図は、本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示するために、2次元の材料エージェントに所定の入力荷重を与えた場合、
- 5 材料エージェントの底部に変位拘束を受けそのまま返す境界エージェントが配置されているときの入力荷重に対する動作概念図である。

第 7 図は、本発明の一実施の形態に係る物体の動きを表示するために、コンピュータを利用して、対象物体と、対象物体をエージェント化して表示した様子の説明図である。

- 10 第 8 図は、本発明の一実施の形態に係るエージェントと、FEMを、x方向とy方向の応力をそれぞれ比較した応力比較のグラフである。

第 9 図は、本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示する方法により、対象物体が変形した結果を表示した説明図である。

- 第 10 図は、本発明の一実施の形態に係る物体（平面）の荷重伝達変位を表示する方法（前記エージェント）によるx方向、y方向の応力値
- 15 と、従来からのFEM解析によるx方向、y方向の応力値の比を表したグラフである。

- 第 11 図は、本発明の一実施の形態に係る物体（平面）の荷重伝達変位を表示する方法（前記エージェント）と従来からのFEM解析の変位
- 20 を比較したグラフである。

発明を実施するための最良の形態

- 以下、本発明の物体の荷重伝達変位を表示する方法の一実施の形態について、特に、対象物体の任意の位置に荷重が加わった場合に、その位置から物体の境界まで生成される物体内の材料エージェントおよびその
- 25 物体の境界に生成される境界エージェントの概念を用いて、その生成過



程およびその荷重伝達過程から物体の変位が表示される状態を図面を参照して詳細に説明する。

図 1 は、本実施の形態に係る物体 1 において、その任意の位置に荷重が加わった場合、その位置に第一のエージェントが仮想的に生成され、

5    その荷重が物体 1 内を伝達して、物体 1 の境界まで伝達され、いくつかのエージェントを生成するとともに、その物体 1 境界で、新たにエージェント 3 a、3 b が生成される概要を示した構成図であり、図 2 は、それらの各エージェント間で荷重がどのように伝達されるかをさらに詳細に示した荷重伝達動作図である。

- 10    図 1 において、符号 1 は、対象物体である物体、符号 2 は、例えば、弾性体の任意の荷重位置に生成される第一の材料エージェント、3 a は、前記物体 1 の境界に生成されるエージェントであって、周囲から変位拘束を受けない境界中に生成される境界エージェント、3 b は、前記物体 1 の境界に生成されるエージェントであって、周囲から変位拘束を受ける
- 15    前記剛体中に生成される境界エージェントである。また、4 は、本実施の形態に係る対象物体 1 が配置される前記周囲から変位拘束を受けない境界、例えば空気であり、5 は、本実施の形態に係る対象物体 1 が周囲から変位拘束を受ける境界、例えば、剛体である。

- すなわち、物体 1 に加えられた荷重が、物体 1 内をどのように伝達され、それが終局的に、当該物体 1 をどのように変位（変形）させるかを示すものであり、本実施の形態では、各エージェントは、対象物体 1 の任意の位置に荷重が加わった際に当該位置に生成され、所定の仮想立体に区切った第一の材料エージェント 2 が生成され、その後、当該物体 1 の境界に生成される第 n 番目の第 n の材料エージェント 2 ままでが生成される。そして、当該物体 1 が配置された状態で、その周囲から変位拘束を受けない境界中の境界に生成される境界エージェント 3 a と、その周
- 20
- 25

囲から変位拘束を受ける境界中の境界に生成される境界エージェント 3 b を想定して説明される。

〔エージェント生成の前提〕

5       なお、以下の各エージェントの生成および荷重伝達については、ここでは、理解のし易いように最初に便宜的に正方形の 2 次元構造を基本にして述べ、後に立方体による 3 次元構造について述べる。すなわち、配置想定として、本実施の形態では、所定境界中に配置された 2 次元対象物体を想定し、その 2 次元物対象物体のある位置に荷重を負荷された場合の、その 2 次元対象物体の各部の変位表現を図 3 から図 6 に基づいて  
10   試みる。

〔材料エージェントの動作（その 1）〕

材料エージェント 2 は、当該 2 次元対象物体内を仮想的に所定形状（例えば、「正方形」）で区切って、その対象物体に与えられる外力に対する変位を表示するために想定される仮想形状想定物であり、前記 2 次元対象物体の任意の位置に 1 つの材料エージェント 2 （例えば、第一の材料  
15   エージェント 2 a）を生成する。

この第一の材料エージェント 2 a が生成されると、入力荷重  $P_0$  がかかる方向と同方向である材料エージェント 2 a の底辺（B O T T O M） $2 a_2$  に、上辺が接する位置に前記材料エージェント 2 a と同型の第二  
20   の材料エージェント 2 b が生成される。

また、この第一の材料エージェント 2 a が生成されると、該第一の材料エージェント 2 a の一側辺（L E F T） $2 a_3$  に、第一の材料エージェント 2 a と同形状の第二の材料エージェント 2 c が生成され、材料エージェント 2 a の他側辺（R I G H T） $2 a_4$  に、同様の第二の材料エ  
25   ージェント 2 d が生成される。

図 3 は、前記材料エージェント 2 a に所定の入力荷重を与えた場合の

垂直方向への荷重伝達概念図であり、前記各部に生成される以下の材料エージェントは、いずれも以下の伝達動作をするものとして想定される。

材料エージェント 2 a は、本実施の形態では、正方形からなり、入力荷重  $P_0$  がかかる上辺 (TOP) 2 a<sub>1</sub> と、入力荷重  $P_0$  がかかる方向と同方向で伝達される底辺 (BOTTOM) 2 a<sub>2</sub> と、一側辺 (LEFT) 2 a<sub>3</sub> と、他側辺 (RIGHT) 2 a<sub>4</sub> とからなる。

このような材料エージェント 2 に対して、上部方向から入力荷重  $P_0$  を与えると、第一の材料エージェント 2 a が生成されるとともに、当該第一の材料エージェント 2 a の直下に荷重が伝達され、荷重が伝達される方向に第二の材料エージェント 2 b が生成される。

例えば、第一の材料エージェント 2 a の上辺 (TOP) が受ける力を荷重  $P_1$  とすると、荷重  $P_1$  は、入力荷重  $P_0$  に所定の伝達係数  $\alpha_1$  がかった荷重  $P_1$  ( $P_1 = \alpha_1 \cdot P_0$ ) となり、第二の材料エージェント 2 b の上辺 (TOP) が受ける力を荷重  $P_2$  とすると、荷重  $P_2$  は、入力荷重  $P_1$  に所定の伝達係数  $\alpha_2$  がかった荷重  $P_2$  ( $P_2 = \alpha_2 \cdot P_0$ ) となる。

また、前記材料エージェント 2 に、上部方向から入力荷重  $P_0$  を与えると、該第一の材料エージェント 2 a の一側辺 (LEFT) 2 a<sub>3</sub> に他側辺 (RIGHT) 2 c<sub>4</sub> が接する第二の材料エージェント 2 c が生成され (図 3 では、材料エージェント 2 a の左側)、前記材料エージェント 2 a の一側辺 (LEFT) 2 a<sub>3</sub> と材料エージェント 2 c の他側辺 (RIGHT) 2 c<sub>4</sub> のあいだで摩擦力が生じ、荷重  $P_0$  が伝達される方向と同方向の荷重が、材料エージェント 2 c の上辺 (TOP) 2 c<sub>1</sub> にかかる。

このとき材料エージェント 2 c の上辺 (TOP) 2 c<sub>1</sub> が受ける力は、荷重  $P_0$  に所定の伝達係数  $\alpha_3$  がかった荷重  $P_3$  ( $P_3 = \alpha_3 \cdot P_0$ ) と

なり、同様に、第一の材料エージェント 2 a の他側辺 (R I G H T) 2 a<sub>4</sub> に一側辺 (L E F T) が接する第二の材料エージェント 2 d が生成され (図 3 では、材料エージェント 2 a の右側)、該第二の材料エージェント 2 d の上辺 (T O P) 2 d<sub>1</sub> が受ける力も、荷重 P<sub>0</sub> に所定の伝達係数  $\alpha_3$  がかった荷重 P<sub>3</sub> ( $P_3 = \alpha_3 \cdot P_0$ ) となる。

すなわち、対象物体の上部が入力荷重 P<sub>0</sub> を受けると、対象物体は入力荷重 P<sub>0</sub> と同方向に所定の伝達係数  $\alpha_1$  がかった荷重 P<sub>1</sub> を伝達することで、伝達方向に第一の材料エージェント 2 a を生成する。すると該第一の材料エージェント 2 a の直下に所定の伝達係数  $\alpha_2$  がかった荷重 P<sub>2</sub> を伝達するとともに該伝達方向に第二の材料エージェント 2 b を生成する。また、第二の材料エージェント 2 b の上部が荷重 P<sub>1</sub> を受けると、第二の材料エージェント 2 b は、第二の材料エージェント 2 b の直下に、所定の伝達係数がかった荷重を伝達して、つぎの第三の材料エージェント (図 3 では図示外) を生成するとともに所定の伝達係数がかった荷重を受けて順次伝達する。

また、第一の材料エージェント 2 a の上部が受けた入力荷重 P<sub>0</sub> は、荷重伝達方向となる第一の材料エージェント 2 a に隣接して第二の材料エージェント 2 c と第二の材料エージェント 2 d を生成し、これら第二の材料エージェント 2 c と第二の材料エージェント 2 d とのあいだに生じる摩擦力により、該第二の材料エージェント 2 c と第二の材料エージェント 2 d の上辺には入力荷重 P<sub>0</sub> に所定の伝達係数  $\alpha_3$  がかった荷重 P<sub>3</sub> が荷重される。

そして、第二のエージェント 2 c、2 d は、荷重 P<sub>3</sub> を入力荷重として、荷重 P<sub>3</sub> に所定の伝達係数  $\alpha_1$  をかけた荷重を伝達し、第二のエージェント 2 c、2 d の直下に生成されるつぎの材料エージェントは、荷重 P<sub>3</sub> に所定の伝達係数  $\alpha_2$  がかった荷重が順次伝達される。

このように入力荷重  $P_0$  に対して、入力荷重  $P_0$  と同方向に伝達される荷重がつぎに伝達されるのに有効だとみなされる値、つまり所定のしきい値  $\gamma$  以下になるまで荷重の伝達と、伝達される荷重が生成される方向領域（前記入力荷重  $P_0$  と同方向）に材料エージェントの生成を繰り返す。

〔材料エージェントの動作（その２）〕

つぎに、図４は、前記材料エージェント２に所定の入力荷重  $P_0$  を与えた場合、入力荷重  $P_0$  の入力方向に対して直角方向に伝達する荷重による動作概念図であり、前述した材料エージェント２と同様に、前記２次元対象物体の任意の位置に第一の材料エージェント２aを生成する。

この第一の材料エージェント２aが生成されたのち、該第一の材料エージェント２aは、入力荷重  $P_0$  の分力  $P_1$  ( $P_1 = \alpha_1 \cdot P_0$ 、 $\alpha_1$  : 伝達係数) がかかる方向に対して直角方向に伝達する。これは、第一の材料エージェント２aにかかる荷重により、該第一の材料エージェント２aが押しつぶされようとしたときに入力荷重  $P_0$  の分力  $P_1$  がかかる方向に対して直角方向に広がろうとする荷重がかかることによる。

第一の材料エージェント２aは、上記同様、正方形からなり、入力荷重  $P_0$  がかかる上辺（TOP） $2a_1$  と、入力荷重  $P_0$  の分力  $P_1$  がかかる方向と同方向に荷重を伝達する底辺（BOTTOM） $2a_2$  と、入力荷重  $P_0$  の分力  $P_1$  がかかる方向に対して直角方向で荷重を伝達する一側辺（LEFT） $2a_3$  と、入力荷重  $P_0$  の分力  $P_1$  がかかる方向に対して直角方向で荷重を伝達する他側辺（RIGHT） $2a_4$  とからなり、第一の材料エージェント２aの一側辺（LEFT） $2a_3$  に荷重が伝達されると、第一の材料エージェント２aと同型の第二の材料エージェント２cが生成され、第一の材料エージェント２aの他側辺（RIGHT） $2a_4$  に荷重が伝達されると、同様に第二の材料エージェント２dが生

成される。

- 図4において、第一の材料エージェント2aでは、入力荷重 $P_0$ を受けると、分力 $P_1$ によって荷重面との対面（図4では2a<sub>2</sub>面）を一時的に拘束し、フックの法則（弾性体の歪みは応力に比例するというもの）により歪み（ $\varepsilon$ ）を生じて、入力荷重 $P_0$ の分力 $P_1$ がかかる方向と同方向に縮み、入力荷重 $P_0$ の分力 $P_1$ がかかる方向に対して直角の方向にはポアソン比（ $\nu$ ）に基づいて広がろうとする。

- すなわち、第一の材料エージェント2aでは、一側辺（LEFT）に入力荷重 $P_0$ の分力 $P_1$ に対して直角方向の荷重が伝達されると、第一の材料エージェント2aの一側辺（LEFT）2a<sub>3</sub>に接して第二の材料エージェント2cが生成され、他側辺（RIGHT）2a<sub>4</sub>に接して第二の材料エージェント2dが生成される。

- この第二の材料エージェント2c、第二の材料エージェント2dが生成されることにより、入力荷重 $P_0$ を受けた材料エージェント2aは、一側辺（LEFT）2a<sub>3</sub>と他側辺（RIGHT）2a<sub>4</sub>に、歪み（ $\varepsilon_x = -\beta \cdot \nu \cdot \varepsilon_y$ （ $\beta$ ：伝達係数））分が広がろうとする。

- すると、第二の材料エージェント2cの他側辺（RIGHT）側は、荷重 $P_4$ （ $P_4 = (1 - \beta) \cdot \nu \cdot \varepsilon_y \cdot A_3 \cdot E$ （ $A_3$ ：2a<sub>3</sub>面の断面積、 $E$ ：材料のヤング率））を受け、第二の材料エージェント2dの一側辺（LEFT）側は、前記第二の材料エージェント2cが受けた荷重 $P_4$ とは同量逆方向の荷重 $P_4$ （ $P_4 = (1 - \beta) \cdot \nu \cdot \varepsilon_y \cdot A_4 \cdot E$ ）を受ける。

- そして、入力荷重 $P_0$ に対して、入力荷重 $P_0$ の直角に伝達される荷重が所定のしきい値 $\gamma$ 以下になるまで荷重の伝達と、荷重が生成される方向領域（前記垂直方向）へ材料エージェントの生成と荷重伝達を繰り返す。

## 〔変位拘束を受けない境界エージェントの動作〕

図 5 は、前記材料エージェント 2 に所定の入力荷重を与えた場合、例えば、前記物体 1 が、周囲から変位拘束を受けない境界中に置かれている場合に、当該物体 1 は、その境界から、どのような影響を受けるかを  
5 模式化したものであって、前記物体 1 の境界に生成される第 2 の材料エージェント 2 の側辺  $2a_4$  が、例えば、空気 4) に接している場合に、側辺 (RIGHT) による入力荷重に対して、前記境界エージェント 3 a では、どのような荷重が伝達されるか、その荷重量と方向を示す動作概念図である。

- 10 図 5 において、材料エージェント 2 の側辺 (RIGHT)  $2a_4$  に垂直方向の荷重がかかると前記材料エージェント 2 の側辺 (RIGHT)  $2a_4$  に接して、境界エージェント 3 a が生成されるとともに、前記材料エージェント 2 の側辺 (RIGHT)  $2a_4$  からかかる荷重  $P_5$  が、同じ大きさ同じ方向の荷重  $P_5'$  として境界エージェント 3 a により材  
15 料エージェント 2 a に戻されることとなる。

このとき、前記材料エージェント  $2a_4$  に伝達された荷重が所定のしきい値  $\gamma$  以下の場合は、境界エージェント 3 a は生成されず、荷重は伝達されない。

## 〔変位拘束を受ける境界エージェントの動作〕

- 20 図 6 は、前記材料エージェント 2 に所定の入力荷重を与えた場合、該材料エージェント 2 a が、例えば、剛体 5 に接しているとした場合に、そこに生成される境界エージェント 3 b では、入力荷重に対してどのような荷重が伝達されるか、その荷重量と方向を示す動作概念図である。

- 図 6 において、入力荷重  $P_0$  (図 6 では図示外) を受けた材料エージェント 2 a の底辺 (BOTTOM)  $2a_2$  から入力荷重  $P_0$  と同方向の  
25 荷重  $P_0$  が伝達されると、剛体 5 に、前記材料エージェント 2 と同様に、

本実施の形態では、正方形の境界エージェント 3 b が生成される。そして、境界エージェント 3 b の上方 (TOP) から伝達された荷重  $P_6$  は、その荷重  $P_6$  と同量の荷重  $P_6'$  が境界エージェント 3 b から材料エージェント 2 a に返される。これは、境界エージェント 3 b が生成される  
5 位置が剛体 5 によるもので、材料エージェント 2 a から受けた荷重により歪みを生じない。また、上記同様、前記材料エージェント 2 a<sub>2</sub> に伝達された荷重が所定のしきい値  $\gamma$  以下の場合は、境界エージェント 3 b は生成されず、荷重は伝達されない。

このように材料エージェント 2 から、入力荷重  $P_0$  がかかる方向と同  
10 方向、あるいは入力荷重  $P_0$  に対して直角方向に順次生成される材料エージェント 2 は、伝達される荷重が所定の伝達係数に基づいて衰退する。例えば、ゴムのような弾性体を仮定すれば、そのゴム (弾性体) の上面の一部に、所定の入力荷重を与えると、その入力荷重のかかった位置が大きく窪み (歪み)、入力荷重位置から距離が離れるほど窪み (歪み)  
15 が小さくなり、この材料エージェントが生成されたゴム (弾性体) が、例えば、コンクリート台のような剛体 (境界エージェント 3) 上に載置されていると、ゴム (弾性体) から伝達された荷重が、コンクリート台 (剛体) にかかるとともにその荷重分がゴム (弾性体) に返され、コンクリート台 (剛体) は、何ら歪みを生じない。

20 つぎに、上記した 2 次元対象物体の各エージェントの動きを表示する方法について、2 次元対象物体の動きを、実際にコンピュータにより演算し、画面上に表示する様子について説明する。

なお、本実施の形態で使用するコンピュータは、メモリ 128 MByte を有し、インテル (Intel) 社製 Celeron 400 MHz  
25 の CPU を搭載したパーソナルコンピュータであり、ソフトウェアは、Sun Microsystems 社製の JAVA 言語 (Ver. 1.1.7) with



Swingl.1と、Symantec社製Visual Cafe Ver3.0cを使用した。

図7は、コンピュータを利用して、2次元対象物体をエージェント化して物体の荷重伝達変位を表示した様子の説明図である。

- 5      このとき、本発明の物体の荷重伝達変位を表示する方法は、表示方法のプログラムを予めコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録し、その記録媒体からプログラムを読み取るようにしてもよい。

- まず、コンピュータに、仮想対象物体の情報として、幅200mm、高さ200mm、厚さ2mmの大きさからなる平板で、材料エージェントの条件が、ヤング率206GPa、ポアソン比0.3、上方向からの入力荷重2Nとし、予め材料エージェントの伝達係数として $\alpha_1 = 0.5$ 、 $\alpha_2 = 0.5$ 、 $\alpha_3 = 0.25$ と、 $\beta = 0.5$ を与え、さらに、しきい値 $\gamma = 10E-3$ が与えられる。
- 10

- コンピュータに、上述した対象物体（材料エージェント）の条件を入力し、対象物体の任意位置に入力荷重（例えば上述した2Nの荷重）を上から下方向に与えると、伝達された荷重がしきい値 $\gamma$ より大きいときに材料エージェント2を生成し、材料エージェント2の変形および荷重伝達を行う。
- 15

- 生成された全エージェントについて、所定のしきい値 $\gamma$ より小さくなるまで変形・伝達荷重の計算が終わると、その結果を、例えば、コンピュータに接続された表示装置やプリンタ等に表示して、2次元対象物体の動きを表示する。
- 20

- なお、対象物体（材料エージェント）の条件は、1つの対象物体毎に入力してもよいが、予め、複数の対象物体の条件を入力し、データベース化して記憶してもよい。
- 25

図8は、本発明の物体（平面）の動きを表示する方法（前記エージェ

ント)によるx方向、y方向の応力値と、従来からのFEM解析によるx方向、y方向の応力値の比を表したグラフであり、また、図9は、前記エージェントとFEMを、x方向とy方向の応力をそれぞれ比較した応力比較のグラフであり、いずれのグラフにおいても、ほぼ傾向は一致  
5 しており、特に、応力比較グラフ(図9参照)のx方向については、ほぼ一致している。

図10は、対象物体が変形した結果を表示した説明図であり、図10(a)は、該対象物体に入力荷重が与えられた場合、従来からのFEMにより求めた結果であり、同(b)は、該対象物体に入力荷重が与えら  
10 れた場合に、各エージェントの変形(歪み)を表したものであり、大まかな動向は、ほぼ同じ形態で表されている。

このとき本願の表示方法は、対象物体に外力が働かない部分については、エージェント生成および荷重の伝達が行われず、そのまま最初の状態が表示される。

15 また、図11は、本発明の物体(平面)の動きを表示する方法(前記エージェント)と従来からのFEM解析の変位を比較したグラフであり、このグラフにおいても両者の傾向が同一である。

このように、従来からのFEMと同じ大きさのマトリクスで表すと、荒さがあるが、計算が簡略で速いため、対象物体を小さくエージェント  
20 化し、伝達係数の調整を行うことで、FEMによる表示とほぼ同様に、物体の変位の動向を十分に表示できる。

そして、上述したエージェントについて、入力荷重を、例えば、0.1N刻みで2Nまでを繰り返して表示すると、この対象物体が変形していく過程の動きを表示することができる。

25 ここまで、材料エージェント2、境界エージェント3を2次元で説明したが、つぎに、第2の実施の形態として、本発明である物体の動きを

表示する方法を、材料エージェント 2、境界エージェント 3 を 3 次元で説明する。

前述した図 2 は、本実施の形態に係る 3 次元対象物体（エージェント）の荷重伝達動作図であり、符号 1 2 は、材料エージェント、1 3 は、境界エージェントを想定する。

例えば、材料エージェント 1 2 の所定位置に、入力荷重  $P_0$  がかけると、本実施の形態では、例えば立方体の材料エージェント 1 2 a が生成され、材料エージェント 1 2 a が生成されると、所定の伝達係数  $\alpha_1$  に基づいて、入力荷重  $P_0$  と同方向の荷重  $P_1$  が伝達され、ついで入力荷重  $P_1$  と同方向である材料エージェント 1 2 a の底面に、所定の伝達係数  $\alpha_2$  に基づいて、入力荷重  $P_0$  と同方向の荷重  $P_2$  が伝達され、伝達方向領域（材料エージェント 1 2 a の底面）に上面が接する同形状の材料エージェント 1 2 b が生成され、入力荷重  $P_0$  と同方向に順次材料エージェント 1 2 が、所定のしきい値  $\gamma$  以下になるか、あるいは材料エージェント 1 2 h に達するまで生成・荷重伝達する。

また、この材料エージェント 1 2 a が生成されると、入力荷重  $P_0$  がかかる方向と同方向、つまり材料エージェント 1 2 a の 4 つの側面に摩擦力がかかり、前記第一の実施の形態と同様に、所定の伝達係数  $\alpha_3$  に基づいて、入力荷重  $P_0$  と同方向の荷重  $P_3$  が伝達され、材料エージェント 1 2 a と同形状の材料エージェント 1 2 c、1 2 d、1 2 e、1 2 f がそれぞれ生成される。

すなわち、図 2 において、材料エージェント 1 2 a の右側前方の側面には、材料エージェント 1 2 c が、材料エージェント 1 2 a の左側前方の側面には、材料エージェント 1 2 d が、左側後方の側面には、材料エージェント 1 2 e が、右側後方の側面には、材料エージェント 1 2 f が、それぞれ生成される。

そして、前述したエージェントの形成と荷重伝達と同様に、前記材料エージェント 1 2 a は、入力荷重  $P_0$  の分力  $P_1$  を受けることにより押しつぶされて、歪み  $\varepsilon$  分が横に広がろうとし、各側面（本実施の形態では 4 方向）に対し垂直方向（入力荷重  $P_0$  に対して直角方向）に荷重  $P_4$  ( $P_4 = (1 - \beta) \cdot \nu \cdot \varepsilon_y \cdot A \cdot E$  (A: 材料エージェント 2 a の一側面の断面積、E: 材料のヤング率)) が伝達される。

そして、各材料エージェント 1 2 c、1 2 d、1 2 e、1 2 f、... に荷重  $P_n$  が伝達されると、荷重が所定のしきい値  $\gamma$  となるまで、あるいは材料エージェント 1 2 g に達するまで材料エージェント 1 2 を生成・荷重伝達し、続いて同様に材料エージェント 1 2 b の側面に接して材料エージェント（図 2 では図示外）を生成・荷重伝達する。

そして、前述と同様に、材料エージェント 1 2 g の一側面が変位拘束されない境界（例えば空気中）の場合は、該材料エージェント 1 2 g の一側面に接して、境界エージェント 1 3 a が生成されるとともに、前記材料エージェント 1 2 g に戻される一側面からかかる荷重  $P_5$  がそのまま荷重  $P_5'$  として境界エージェント 1 3 a にかかる。

また、入力荷重  $P_0$  の分力  $P_1$  を受けて荷重を伝達した材料エージェント 1 2 h の底面から入力荷重  $P_0$  と同方向の荷重  $P_6$  が伝達されると、変位拘束される境界（例えば剛体）に立方体の境界エージェント 1 3 b が生成され、境界エージェント 1 3 b の上面から伝達された荷重  $P_6$  は、その荷重  $P_6$  と同量の荷重  $P_6'$  が境界エージェント 1 3 b から材料エージェント 1 2 h に返される。

このように、3 次元の物体についても、前述した 2 次元の構造対象物体と同様に、各エージェントを生成・荷重伝達し、変位の様子を容易に計算することができる。

なお、上記実施の形態では、各エージェントの形状を正方形あるいは

立方体として説明したが、その形状は正多角形、正多面体（例えば、正六角形、正六面体）であってもよく、同形状のエージェントが、隙間無く隣接して生成されれば、特にその形状は限定しない。

また、上記実施の形態では、変位拘束を受けない境界エージェントを  
5 空気中として説明したが、水中（液体中）、真空中、特定種類のガス中  
でもよく、境界エージェントの成分は特に限定しない。

なお、上記実施の形態では、変位拘束を受ける境界エージェントを剛  
体として説明したが、剛体の他に、他の伝達係数を有する物体であつて  
もよく、その場合は、上記材料エージェントと同様の方法で（伝達係数  
10 の異なる）演算を行ってもよい。

#### 産業上の利用可能性

本発明の物体の荷重伝達変位を表示する方法によると、対象物体への  
荷重に対して、1つ目のエージェントを生成し、そのエージェントから  
15 所定の伝達係数に基づいて順次エージェントを生成しつつ荷重を伝達さ  
せるようにしたため、物理学、特に材料力学の分野における物体の変位  
解析に容易に応用できるほか、コンピュータグラフィックの分野におい  
て、ゲーム等のアプリケーションプログラムに組み込み、表示される物  
体の変形状態を表示する際のコンピュータグラフィックスアニメーショ  
20 ン化が簡単に実現できる。このようなことにより、専門的な知識を必要  
とする有限要素法を習得して利用する必要がなくなり、また、プログラ  
ムが簡易化されることから、これを実行するコンピュータの演算時間（物  
体変位の表示に要する時間）の短縮化を図ることができるといった利点  
がある。

25 また、本発明の物体の荷重伝達変位を表示する方法によると、荷重を  
受けない（所定のしきい値以下）の部分については、エージェントの生

成、荷重の伝達を行う必要がないため、物体の部分的な変位を表示する際には、従来、全体の状態を演算する必要があったのに対し、変位のない部分についての演算をする必要がないので、全体表示に要するコンピュータの演算時間の飛躍的に短縮化することができるという極めて優れた特徴・効果がある。

5

このように、専門的な知識を不要とし、またコンピュータの処理負荷を軽減できることから、コンピュータグラフィックによるコンピュータゲームや、映画の背景（コマ）等に利用でき、機械・構造物の応力状態や、そのシミュレーションに応用でき、また物性のみならず、流体においても変位の動向を算出してシミュレーション表示すること等に広く利用できる。

10

さらに、本発明の物体の荷重伝達変位を表示する表示方法を、CGアニメーションソフトウェアと組み合わせることにより、物体そのものの変形を考慮して表示することができるため、例えば、人物の筋肉の動向形状を表示したり、車がカーブを曲がるときに、タイヤにかかる力を考慮して、実映像（ビデオカメラ等による撮影）と同様に自然な動きを表現することができる。

15

## 請 求 の 範 囲

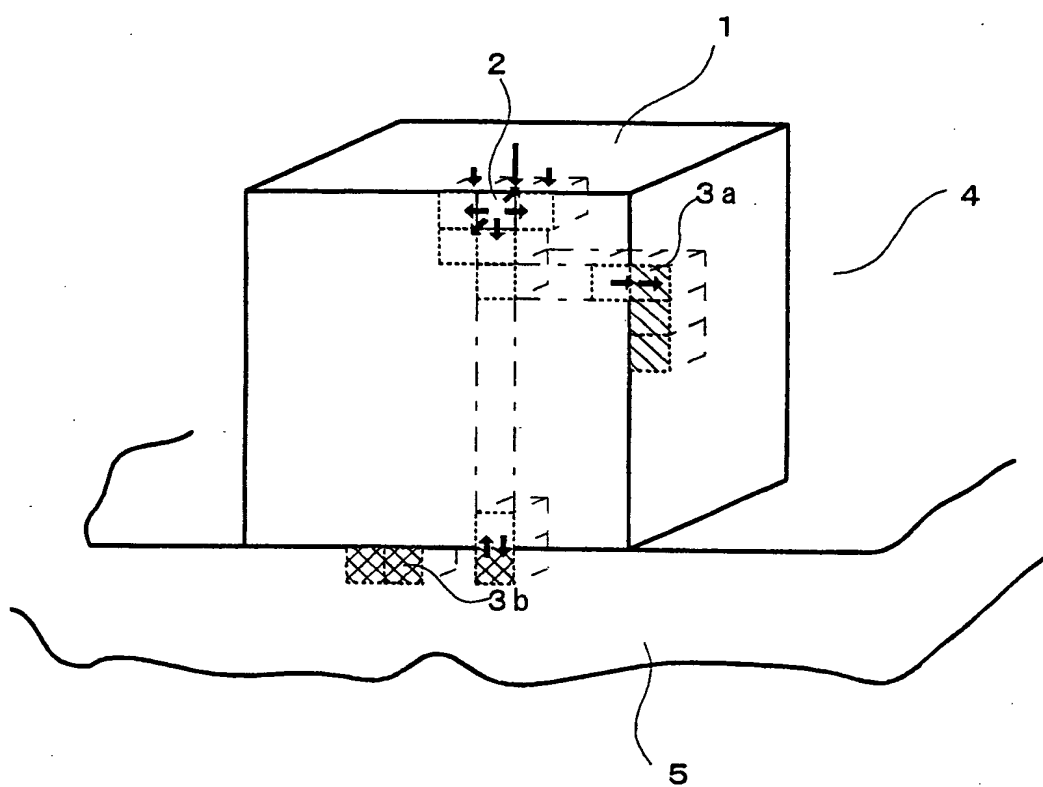
1. 周囲から変位拘束を受けない境界中に周囲から変位拘束を受ける剛体上の物体の荷重伝達変位を表示する方法であって、前記物体の任意の
- 5 位置に与えられた荷重位置に仮想的に当該物体内に生成される6面体または平面形状の第一の材料エージェントと、前記第一の材料エージェントの荷重を受ける面以外の隣接面に仮想的に生成される同形状の第二の材料エージェントと、以下、同様に、順次、前記物体内に前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または前記変位拘束を受ける剛体との境界まで仮想的に生成される第三、第四、・・・第nの材料エージェントと、前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または変位拘束を受ける剛体の接触面に仮想的に生成される所定形状の境界エージェントとからなり、前記材料エージェントでは、前記荷重方向に対しては、荷重方向に前記物体の上面および下面に、その材料特性に応じた所定の
- 15 荷重と、前記荷重方向に垂直な面には、前記物体の歪み特性に応じた所定の荷重と、当該材料エージェントに隣接する他の材料エージェントの荷重方向上面に所定の変位拘束を受ける荷重とを伝達し、前記荷重を変位拘束を受けない境界中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重を荷重方向に同じ値の荷重を伝達し、
- 20 前記変位拘束を受ける剛体中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重に対して荷重の逆方向に前記荷重と同じ値の荷重を伝達して当該物体の荷重伝達変位を表示する方法。
2. 前記第一ないし第nの材料エージェントは、伝達される荷重が所定のしきい値より大のときに荷重伝達方向に生成されることを特徴とする
- 25 請求項1に記載の表示方法。
3. コンピュータ画面で周囲から変位拘束を受けない境界中に周囲から

- 変位拘束を受ける剛体上の物体の荷重伝達変位を表示する方法であって、前記物体の任意の位置に与えられた荷重位置に仮想的に当該物体内に生成される6面体または平面形状の第一の材料エージェントと、前記第一の材料エージェントの荷重を受ける面以外の隣接面に仮想的に生成される同形状の第二の材料エージェントと、以下、同様に、順次、前記物体内に前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または前記変位拘束を受ける剛体との境界まで仮想的に生成される第三、第四、・・・第nの材料エージェントと、前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または変位拘束を受ける剛体の接触面に仮想的に生成される所定形状の境界エージェントとからなり、前記材料エージェントでは、前記荷重方向に対しては、荷重方向に前記物体の上面および下面に、その材料特性に応じた所定の荷重と、前記荷重方向に垂直な面には、前記物体の歪み特性に応じた所定の荷重と、当該材料エージェントに隣接する他の材料エージェントの荷重方向上面に所定の変位拘束を受ける荷重とを伝達し、前記荷重を変位拘束を受けない境界中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重を荷重方向に同じ値の荷重を伝達し、前記変位拘束を受ける剛体中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重に対して荷重の逆方向に前記荷重と同じ値の荷重を伝達して当該物体の荷重伝達変位を表示するプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。
4. 前記第一ないし第nの材料エージェントは、伝達される荷重が所定のしきい値より大のときに荷重伝達方向に生成されることを特徴とする請求項3に記載のプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。



1 / 10

第1図

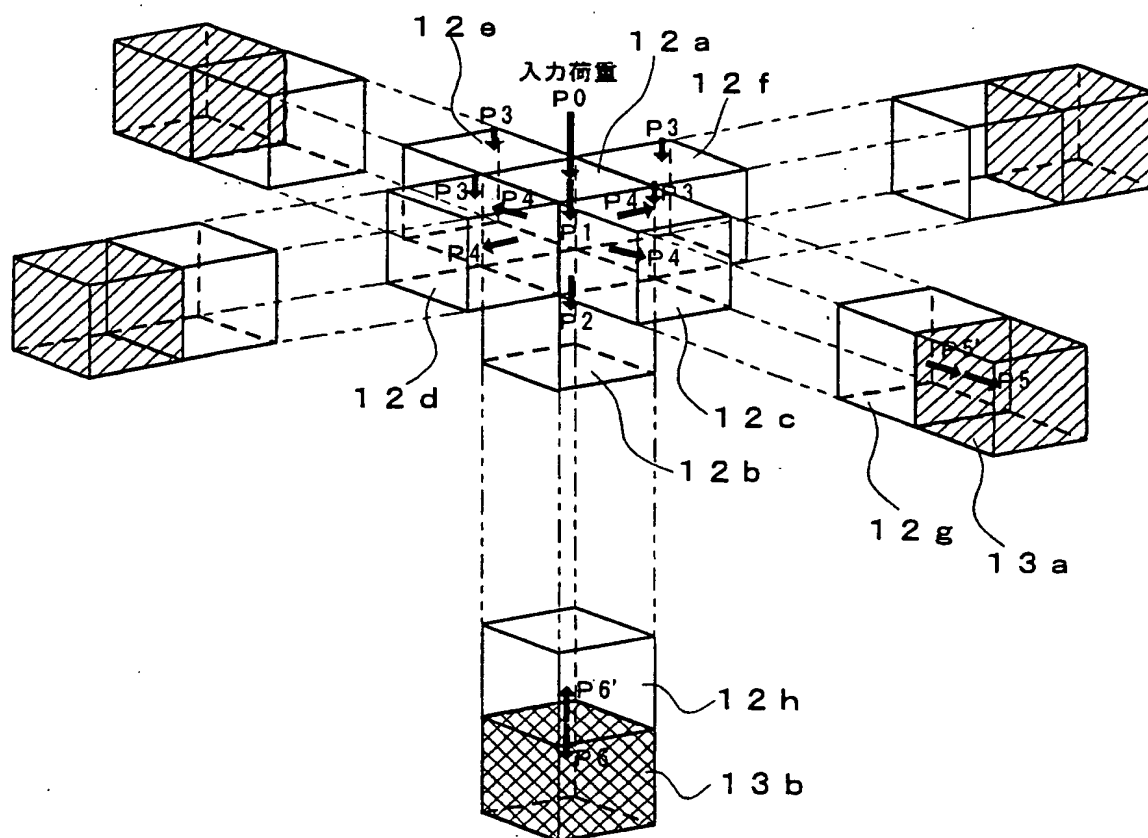




**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

2 / 10

第2図

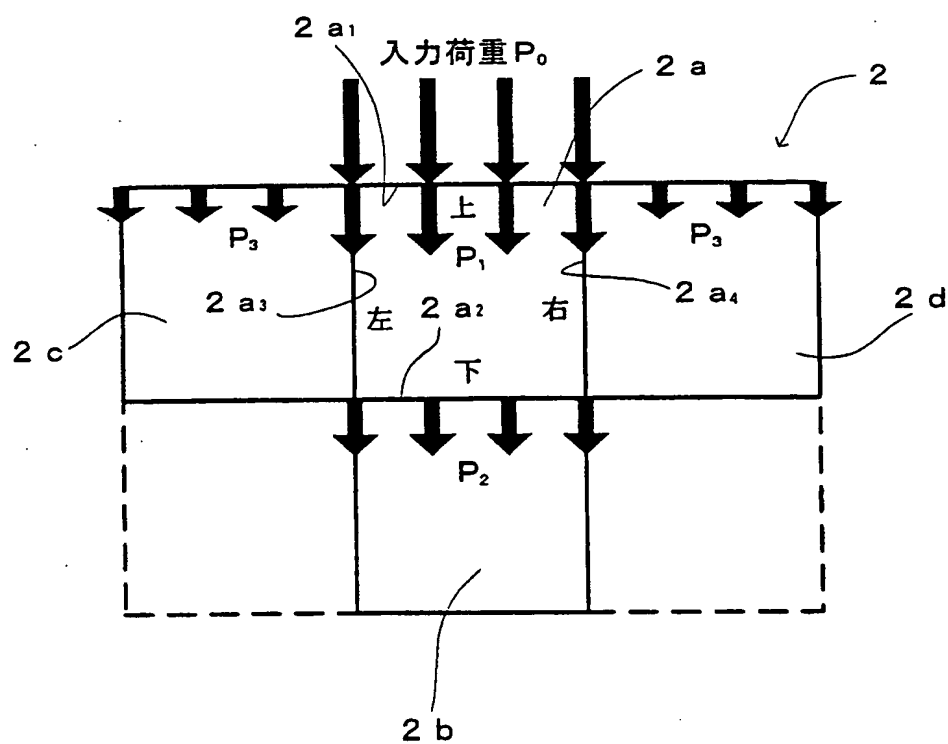




**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

3 / 10

第3図

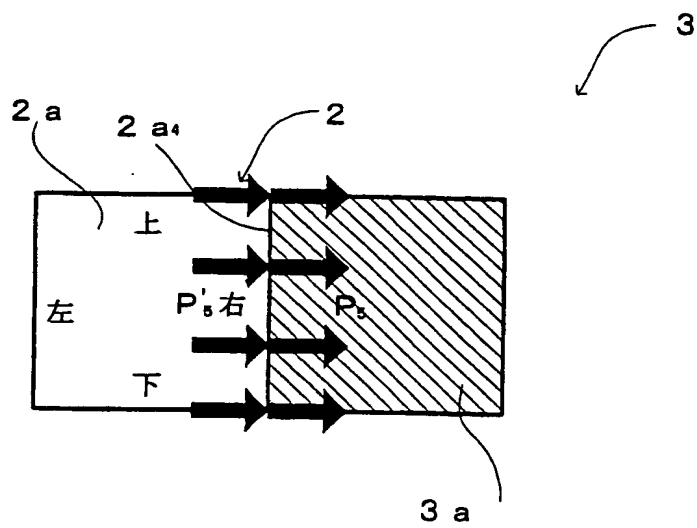




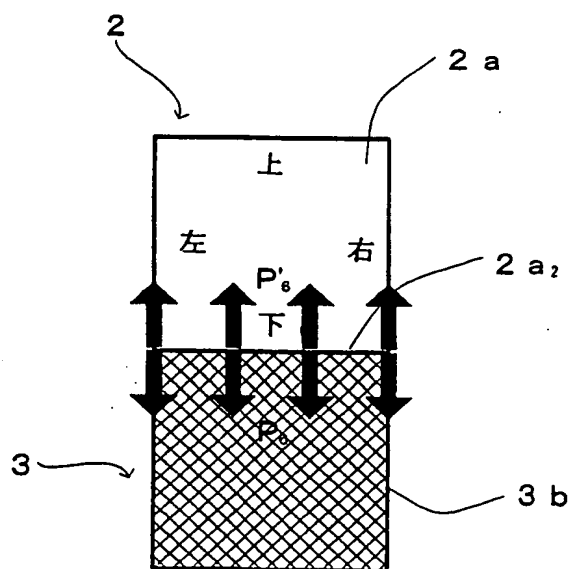
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

5 / 1 0

第 5 図



第 6 図



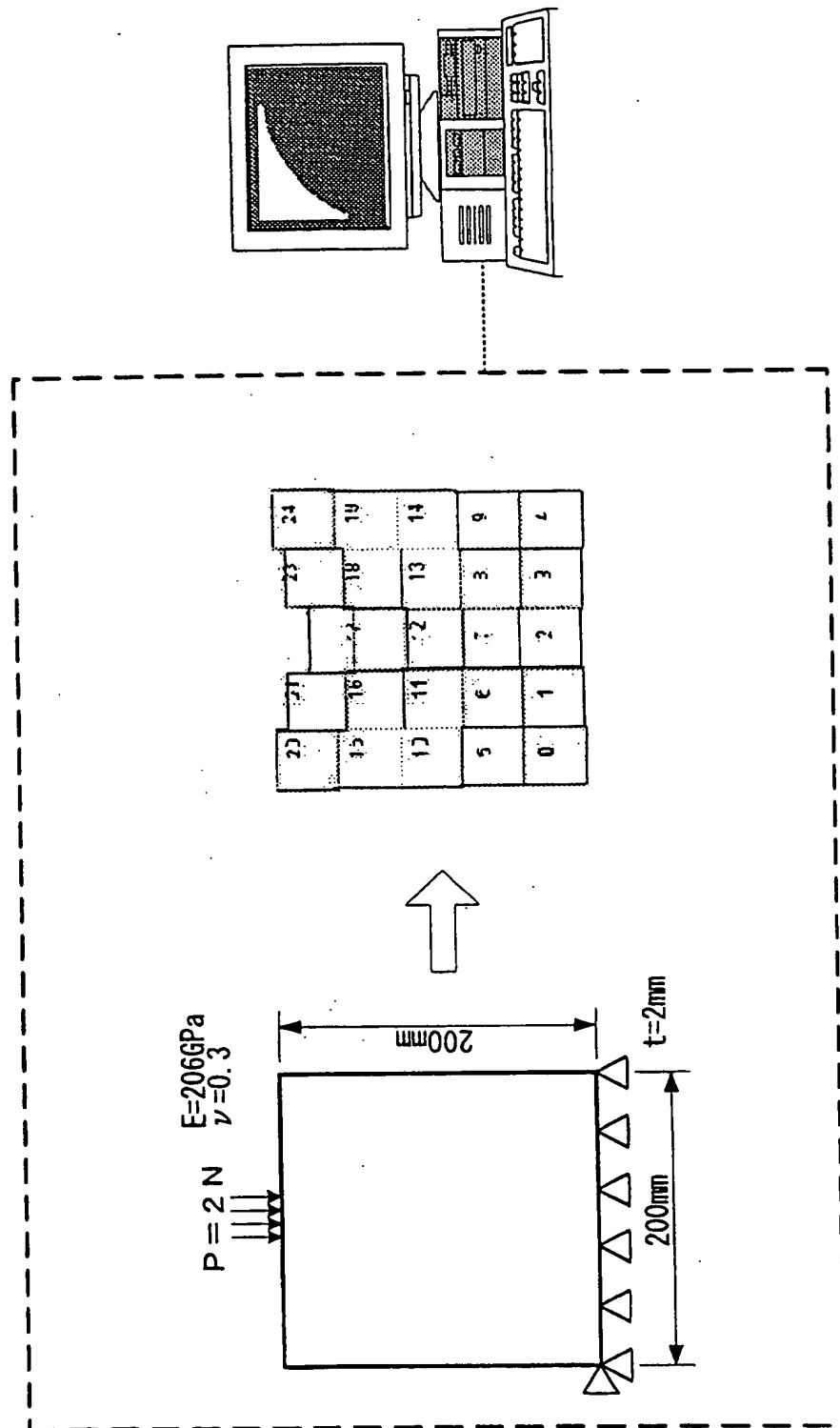


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



6 / 10

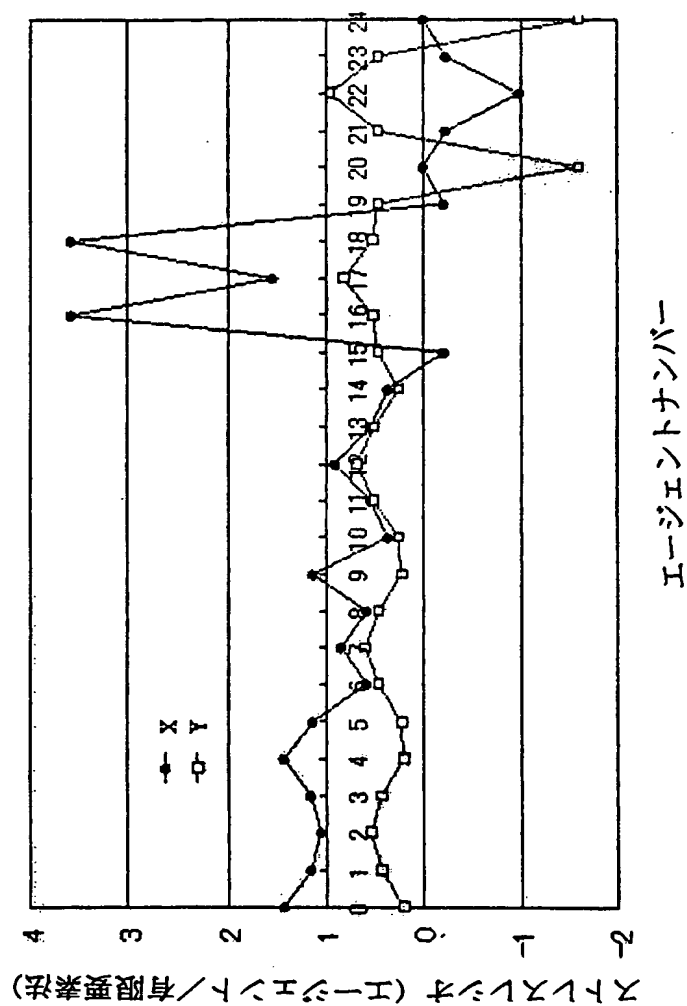
第 7 図



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

7 / 10

第 8 図





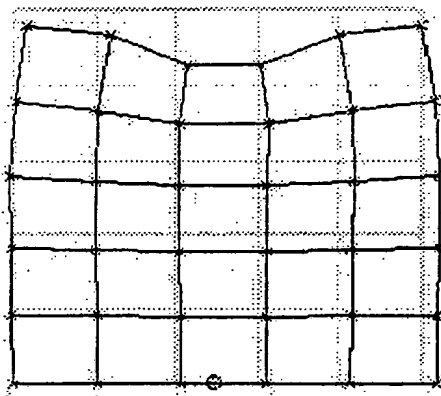
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

9 / 10

第10図



(a)

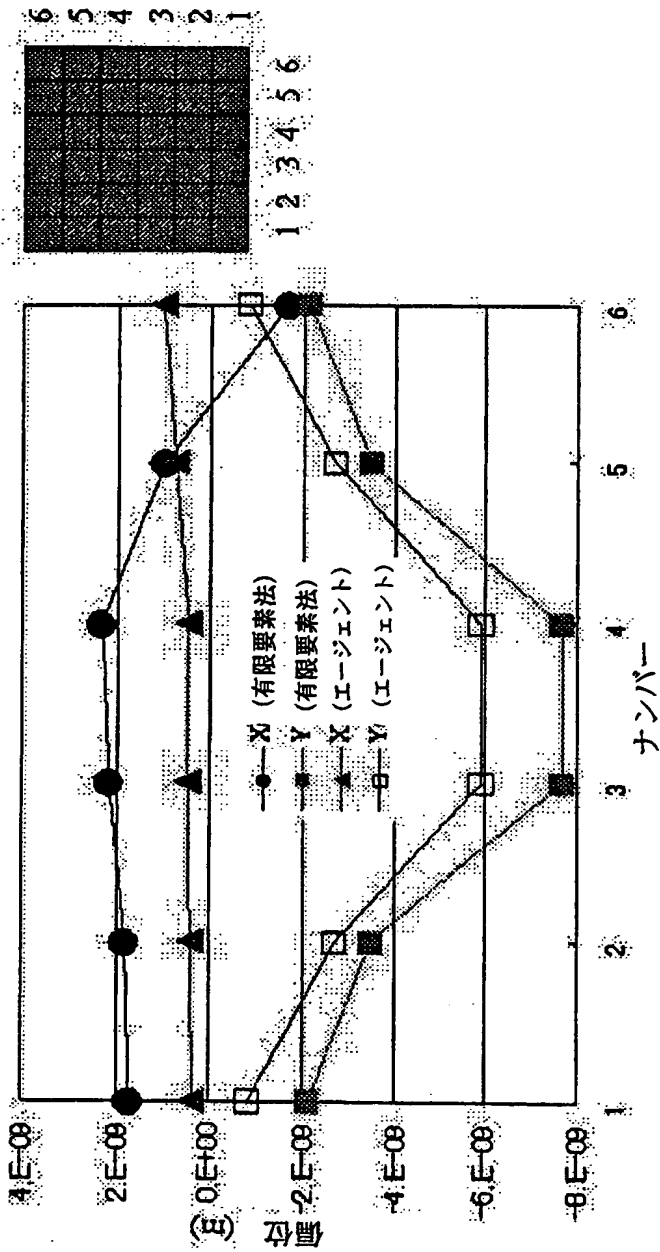
20	21		23	24
15	16	17	18	19
10	11	12	13	14
5	6	7	8	9
0	1	2	3	4

(b)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



第 1 1 図



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application N .

PCT/JP00/04834

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> G06T 15/70

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G06T 15/00 - 17/40

Int.Cl<sup>7</sup> G06F 17/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
JICST FILE (JOIS)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim N .
X	(1999) Nihon Kikai Gakkai Nenji Taikai Kouen Ronbunshuu (II), Kyouichi NISHI et al., "Multi-agent ni yoru Kouzou Kaiseki no Kokoromi", pp.79-80	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
"E" earlier document but published on or after the international filing date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
18 August, 2000 (18.08.00)

Date of mailing of the international search report  
29 August, 2000 (29.08.00)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP00/04834

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G06T 15/70

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G06T 15/00 - 17/40  
Int. Cl<sup>7</sup> G06F 17/50

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2000年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2000年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JICSTファイル (JOIS)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	1999年度 日本機械学会年次大会講演論文集 (II), 西恭一他 「マルチエージェントによる構造解析の試み」, p79-80	1-4

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献  
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

18.08.00

国際調査報告の発送日

29.08.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

岡本 俊威

印

5H 9178

電話番号 03-3581-1101 内線 3531

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**